



---

**TUGAS AKHIR - MN141581**

**ANALISA STABILITAS DAN *RE-POWERING* KAPAL  
PARIWISATA PADA DAERAH PERAIRAN PULAU GILI  
IYANG**

FIRMAN NADZIRUL HAQ

NRP. 4110 100 040

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.

Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2015



---

***FINAL PROJECT - MN141581***

***STABILITY ANALYSIS AND RE-POWERING OF TOURISM  
SHIP FOR GILI IYANG'S WATER AREA***

FIRMAN NADZIRUL HAQ

NRP. 4110 100 040

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.

Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2015



## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA STABILITAS DAN *RE-POWERING* KAPAL PARIWISATA PADA PERAIRAN PULAU GILI IYANG

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Hidrodinamika  
Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**FIRMAN NADZIRUL HAQ**

N.R.P. 4110.100.040

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.

Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



**SURABAYA, 26 JUNI 2015**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah, kesehatan, rejeki dan segalanya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik mungkin. Salam dan salawat selalu terpanjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya yang telah menjadi inspirasi penulis untuk mencapai tujuan hidup yang berorientasi pada kebahagiaan dunia akhirat.

Penulis juga mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada orang tua (Bapak dan Ibu), kakak-kakak dan segenap keluarga penulis atas doa, kasih sayang, dukungan, motivasi dan segala pengorbanannya yang begitu ikhlas mereka berikan hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

1. Sekali lagi ucapan terima kasih kepada Bapak dan Ibu tercinta beserta kakak penulis atas do'a, kasih sayang, dukungan dan segala pengorbanannya yang begitu ikhlas diberikan kepada penulis selama ini.
2. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D., dan Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan kesabarannya untuk membimbing penulis serta memberikan arahan selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan semasa penulis menempuh pendidikan di Teknik Perkapalan FTK ITS serta segenap dosen & karyawan Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS.
4. Ibu Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku dosen wali yang sudah meluangkan waktu dan tenaga untuk menjadi orang tua kedua dalam membimbing penulis selama menjalani aktivitas di Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS.
5. Teman-teman CAPTAIN P-50, khususnya saudara Deny Wahyu Rohmansyah, Moh. Adi "Cikruk" Muflihun, Indra "Simo" Dwi Afrianto, M. Anas "komting" Khoiri, serta teman-teman P-50 lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan semangat kepada penulis selama proses pengerjaan tugas akhir maupun selama penulis kuliah.
6. Teman-teman lintas angkatan penulis, P-38, P-44, P-45, P-46, P-47, P-48, P-49, P-51, P-52, P-53, P-54 serta teman-teman lainnya yang telah memberikan masukan dan semangat selama pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman WARUNG KOPI TAMAN BACA yang telah memberikan warna-warni tentang pengalaman hidup yang tidak akan pernah didapatkan selama proses perkuliahan.

8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam pengerjaannya, tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan adanya saran dan kritik demi kesempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 26 Juni 2015

Penulis

# **ANALISA STABILITAS DAN *RE-POWERING* KAPAL PARIWISATA PADA DAERAH PERAIRAN PULAU GILI IYANG**

**Nama Mahasiswa** : FIRMAN NADZIRUL HAQ  
**NRP** : 4110 100 040  
**Jurusan** : Teknik Perkapalan  
**Dosen Pembimbing I** : Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.  
**Dosen Pembimbing II** : Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Pulau Gili Iyang yang merupakan Pulau dengan kadar oksigen tertinggi di dunia mempunyai potensi sangat besar dalam pengembangan kapal pariwisata yang ramah lingkungan. Didukung dengan letak geografis Negara Indonesia berada di daerah katulistiwa, yang berarti mempunyai energy matahari yang melimpah dibanding dengan Negara lainnya. Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengembangkan moda transportasi kapal yang ada dengan memanfaatkan tenaga matahari sebagai sumber energy penggerak motornya. Dari bentuk lambung kapal yang beroperasi di daerah perairan Pulau Gili Iyang, didapatkan besarnya nilai hambatan total ( $R_t=13,79$  kN) dengan bantuan simulasi CFD. Setelah itu dilakukan perhitungan daya dan pemilihan motor listrik yang dibutuhkan. Dari luasan atap bangunan atas bisa dihitung ada 20 buah panel surya yang bisa dipasang dengan jumlah daya yang dihasilkan sebesar 1465,868 Watt. Besarnya daya tersebut masih belum bisa untuk menggerakkan motor listrik yang membutuhkan 73,5 kW. Dengan semua instalasi perangkat *re-powering* (motor listrik, panel surya, baterai) yang sudah dipasang maka kapal pariwisata bisa dianalisa stabilitasnya dengan beberapa kondisi.

**Kata Kunci** : Gili Iyang, Hambatan, *Re-powering*, Stabilitas

# ***STABILITY ANALYSIS AND RE-POWERING OF TOURISM SHIP FOR GILI IYANG'S WATER AREA***

**Student Name** : FIRMAN NADZIRUL HAQ  
**NRP** : 4110 100 040  
**Department** : Naval Architecture and Shipbuilding  
**Supervisor I** : Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.  
**Supervisor II** : Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

*Gili Iyang island is the island with the highest oxygen levels in the world. It has enormous potential in the development of environmentally friendly tourism ship. Supported by the geographical location of Indonesia, located in the equatorial regions, which means it has abundant solar energy compared with other countries. This final project aims to develop the existing modes of transport vessel by utilizing solar energy as a source of energy driving the machine. From the shape of the hull which operates in the area Gili Iyang's waters, obtained the value of the total resistance ( $R_t = 13.79 \text{ kN}$ ) with the help of CFD simulations. After that, power calculation and selection of electric motors is needed. From the roof of the building over the area can be calculated there were 20 pieces of solar panels that can be fitted with the amount of power generated at 1465.868 Watt. The amount of power is still not able to drive an electric motor that requires 73.5 kW. With all the re-powering installation devices (electric motors, solar panels, battery) that is already installed then ship tourism can be analyzed stability with some conditions.*

**Keywords:** *Gili Iyang, Resistance, Re-powering, Stability*

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR REVISI .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
1 BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat .....	2
1.6 Hipotesis .....	2
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Potensi energi matahari di daerah kepulauan .....	3
2.2 Pulau Gili Iyang.....	4
2.3 Tinjauan Umum Kapal Bertenaga Surya.....	5
2.4 Electric Marine Propulsion.....	6
2.5 Desain Kapal Pariwisata.....	7
2.6 Computational Fluid Dynamic .....	8
2.6.1 Metode beda hingga (Finite Difference method) .....	8
2.6.2 Hukum Kekekalan Momentum .....	9
2.6.3 Persamaan Navier Stokes .....	11
2.6.4 Metode Elemen Hingga ( <i>Finite Element Method</i> ) .....	12
2.6.5 Metode Spektral ( <i>Spektral Method</i> ) .....	13
2.6.6 Metode Volume Hingga ( <i>Finite Volume Method</i> ) .....	13
2.6.7 Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic).....	13
2.6.8 Persamaan Dasar Dinamika Fluida pada CFD .....	14
2.6.9 Pemodelan dan Simulasi Numerik .....	15
2.7 Sel Surya (Solar Cell) .....	20
3 BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	23



3.1	Pendahuluan.....	23
3.2	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	23
3.3	Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir.....	24
3.3.1	Studi Literatur dan Survei Lapangan .....	24
3.3.2	Permodelan.....	24
3.3.3	Pengolahan Data.....	24
3.3.4	Analisa Data .....	24
3.3.5	Pembahasan dan Kesimpulan.....	25
4	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1	Survei Lapangan .....	27
4.2	Permodelan .....	29
4.3	Pengolahan Data .....	29
4.3.1	Tahapan <i>Pre Processor</i> .....	30
4.3.2	Tahapan <i>flow solver</i> .....	31
4.3.3	Tahap <i>solver</i> .....	35
4.3.4	Tahap <i>Post Processor</i> .....	36
4.3.5	Proses validasi .....	36
4.4	Analisa Data .....	37
4.4.1	Perhitungan power.....	38
4.4.2	Penentuan Motor Listrik.....	40
4.4.3	Perancangan Panel Surya .....	40
4.4.4	Stabilitas Kapal .....	44
4.4.4.1	Analisa stabilitas tanpa perangkat panel surya .....	44
4.4.4.2	Analisa stabilitas dengan 10 penumpang.....	46
4.4.4.3	Analisa stabilitas dengan 5 penumpang.....	47
4.4.4.4	Analisa stabilitas dengan 0 penumpang.....	49
5	BAB V PENUTUP .....	53
5.1	Pendahuluan.....	53
5.2	Kesimpulan .....	53
5.3	Saran .....	53
	DAFTAR PUSTAKA .....	55
	LAMPIRAN I.....	57
	LAMPIRAN II .....	58
	LAMPIRAN III.....	59
	LAMPIRAN IV.....	60

## DAFTAR TABEL

Table 4.1 Data ukuran utama yang diperoleh. ....	28
Table 4.2 Ekspresi-ekspresi pada CEL. (CFX, 2007) .....	31
Table 4.3 Hasil <i>Running</i> CFX yang divalidasi dengan <i>Grid Independence</i> .....	37
Table 4.4 Hambatan yang Dihasilkan dengan Bantuan <i>Software</i> Maxsurf Resistance.....	37
Table 4.5 Data Input Perhitungan Power .....	38
Table 4.6 Electric Inboard Motor Specification ELCO EP-10000 .....	40
Table 4.7 Spesifikasi Teknis QCELLS type Q.PRO-G2 250 .....	41
Table 4.8 Stabilitas dengan Heal Angle $-30^0$ sampai $20^0$ (tanpa perangkat panel surya) .....	44
Table 4.9 Stabilitas dengan Heal Angle $30^0$ sampai $80^0$ (tanpa perangkat panel surya).....	45
Table 4.10 Titik Berat dan Momen Kapal Tanpa Perangkat Panel Surya. ....	45
Table 4.11 Stabilitas dengan Heal Angle $-30^0$ sampai $20^0$ (10 penumpang) .....	46
Table 4.12 Stabilitas dengan Heal Angle $30^0$ sampai $80^0$ (10 penumpang).....	46
Table 4.13 Titik Berat dan Momen 10 Penumpang .....	47
Table 4.14 Stabilitas dengan Heal Angle $-30^0$ sampai $20^0$ (5 penumpang) .....	47
Table 4.15 Stabilitas dengan Heal Angle $30^0$ sampai $80^0$ (5 penumpang).....	48
Table 4.16 Titik Berat dan Momen 5 Penumpang .....	48
Table 4.17 Stabilitas dengan Heal Angle $-30^0$ sampai $20^0$ (0 penumpang) .....	49
Table 4.18 Stabilitas dengan Heal Angle $30^0$ sampai $80^0$ (0 penumpang).....	49
Table 4.19 Titik Berat dan Momen 0 Penumpang .....	50
Table 4.20 Data Hasil Analisa Stabilitas dengan Beberapa Kondisi .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta penyinaran matahari secara global.....	3
Gambar 2.2 Profil Penyinaran Matahari Indonesia. ....	4
Gambar 2.3 Peta lokasi Pulau Gili Iyang. ....	4
Gambar 2.4 Catamaran Solar Power Boat dan Monohull Solar Power Boat.....	5
Gambar 2.5 Panel Surya.....	6
Gambar 2.6 Rangkaian baterai dan motor elektrik 3 baterai 12V (seri 36V). ....	7
Gambar 2.7 Hubungan Schematic Parameter Desain Kapal. ....	8
Gambar 2.8 Aliran Massa Pada Elemen Fluida. ....	10
Gambar 2.9 Komponen Tegangan K arah Sumbu X.....	10
Gambar 2.10 Contoh Panel Surya .....	22
Gambar 4.1 Pelabuhan Rakyat Kec.Dungkek Kab.Sumenep Madura .....	27
Gambar 4.2 KM.MADURA yang tidak sedang beroperasi. ....	27
Gambar 4.3 Pengukuran Kapal secara Manual .....	28
Gambar 4.4 Tampilan Tabel Control Point Maxsurf .....	29
Gambar 4.5 Lines Plan KM.JOKO TOLE yang Telah Didapatkan.....	29
Gambar 4.6 Model Kapal yang Sudah dalam Bentuk 3D. ....	30
Gambar 4.7 <i>Meshing</i> Kapal.....	31
Gambar 4.8 Batas <i>Inlet</i> .....	32
Gambar 4.9 Batas <i>Outlet</i> .....	33
Gambar 4.10 Batas <i>Wall</i> .....	33
Gambar 4.11 Batas <i>Opening</i> .....	34
Gambar 4.12 Contoh Grafik Proses <i>Running</i> pada Tahapan <i>Solver</i> .....	35
Gambar 4.13 Fitur " <i>Function Calculator</i> " .....	36
Gambar 4.14 Modul Panel Surya Q.PRO-G2 250 .....	42
Gambar 4.15 Skema Peletakan Panel Surya. ....	43
Gambar 4.16 Modul Panel Surya dalam Gambar 3D Model Kapal.....	43
Gambar 4.17 Grafik Stabilitas Kondisi Kapal Tanpa Perangkat Panel Surya. ....	46
Gambar 4.18 Grafik Stabilitas Kondisi Kapal dengan 10 Penumpang .....	47
Gambar 4.19 Grafik Stabilitas Kondisi Kapal dengan 5 Penumpang .....	49
Gambar 4.20 Grafik Stabilitas Kondisi Kapal dengan 0 Penumpang .....	50

**LAMPIRAN I**

**PROSES PEMODELAN  
DAN PENGOLAHAN DATA**

**LAMPIRAN II**

**PERHITUNGAN POWER KAPAL**



**LAMPIRAN III**

**DETAIL KATALOG PANEL SURYA**

**DAN PERANGKATNYA**

**LAMPIRAN IV**

**RENCANA UMUM KM.MADURA**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dengan berdirinya jembatan Suramadu yang menghubungkan Pulau Jawa dan Pulau Madura memberikan dampak yang cukup besar dalam pertumbuhan perekonomian di Pulau Madura. Salah satu sektor yang dapat dikembangkan adalah sektor pariwisata, salah satunya Pulau Gili Iyang kini menjadi prioritas BPWS (Badan Pengembangan Wilayah Surabaya-Madura) bersama Kabupaten Sumenep dalam konsep pengembangan potensi kekayaan Wisata Alam dan Kesehatan Sumenep. (Sumenep Baru, 2014)

Pengembangan potensi wisata alam yang dipadu dengan wisata kesehatan harus dijaga kemurniannya dalam pengembangannya dan harus memperhatikan berbagai dampak terhadap lingkungan maupun masyarakat sekitar. Penggunaan teknologi yang ramah lingkungan menjadi salah satu gagasan yang perlu dipertimbangkan dalam pencapaian pengembangan ini.

Potensi energi alternatif dari sumber daya alam Indonesia sangat besar yaitu matahari (solar) yang sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk membantu energi kapal pariwisata di Madura. Kemajuan inovasi teknologi energi alternatif berupa Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan tantangan dan peluang yang bagus untuk dikembangkan kapal pariwisata dengan menggunakan energi baterai dan motor DC sebagai tenaga penggerak kapal wisata yang efisien dan efektif untuk menggantikan energi dari BBM.

Keragaman jenis, bentuk dan ukuran bangunan atas berpengaruh terhadap besaran dan kemampuan panel surya untuk menyerap energi alternatif matahari. Oleh sebab itu “Analisa Stabilitas dan *Re-powering* Kapal Pariwisata pada Perairan Pulau Gili Iyang” diperlukan untuk mengetahui bentuk kapal pariwisata yang optimal sehingga menjamin salah satu faktor keselamatan pada kapal itu sendiri.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana merancang kapal bertenaga surya yang memenuhi kebutuhan daya pada motor penggerak kapal?
- b. Bagaimana menganalisa stabilitas yang dihasilkan oleh kapal pariwisata yang sudah berganti mesin penggerak dengan menggunakan sumber energy tenaga matahari yang beroperasi di perairan Pulau Gili Iyang?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Objek penelitian yang digunakan adalah kapal penyeberangan dari Pelabuhan di Kec.Dungkek-Pulau Gili Iyang.
- b. Tidak dilakukan perhitungan kontruksi dan kekuatan.
- c. Tidak dilakukan analisa ekonomis.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan umum yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan desain kapal pariwisata yang optimal. Dari uraian singkat tersebut maka tujuan yang akan dicapai difokuskan pada beberapa hal berikut:

Adapun tujuan khususnya adalah:

- a. Mengembangkan moda kapal pariwisata yang memanfaatkan sumber energy tenaga matahari untuk kondisi daerah perairan Pulau Gili Iyang.
- b. Mengetahui kebutuhan panel surya yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan mesin penggerak kapal yang optimal.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Sebagai dasar rujukan direalisasikannya kapal pariwisata Pulau Gili Iyang dengan memanfaatkan energi baru terbarukan.
- b. Memperoleh hasil stabilitas yang sesuai dengan desain kapal pariwisata bertenaga surya.
- c. Menambah bahan referensi dalam pengembangan pendidikan dan kajian tentang kapal pariwisata.

### **1.6 Hipotesis**

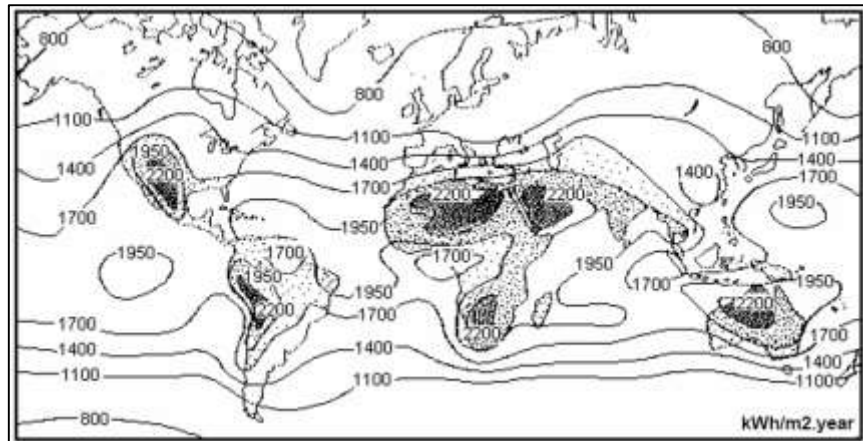
Dugaan awal (hipotesis) dari tugas akhir ini adalah moda transportasi (kapal) yang ada di Pelabuhan Rakyat Kec.Dungkek bisa dilakukan *re-powering* dengan memanfaatkan sumber energy tenaga matahari dengan kondisi kapal yang stabil.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Potensi energi matahari di daerah kepulauan

Peta penyinaran matahari secara global ditunjukkan oleh Gambar 2.1. Keuntungan secara geografis karena terletak didaerah katulistiwa adalah melimpahnya energi matahari dengan intensitas radiasi dan kontinyuitas yang lebih tinggi dibandingkan daerah yang lain.



$$\text{Indonesia} = 1700 - 1950 \text{ kWh/m}^2.\text{year} = 4.66 - 5.34 \text{ kWh/m}^2.\text{day}$$

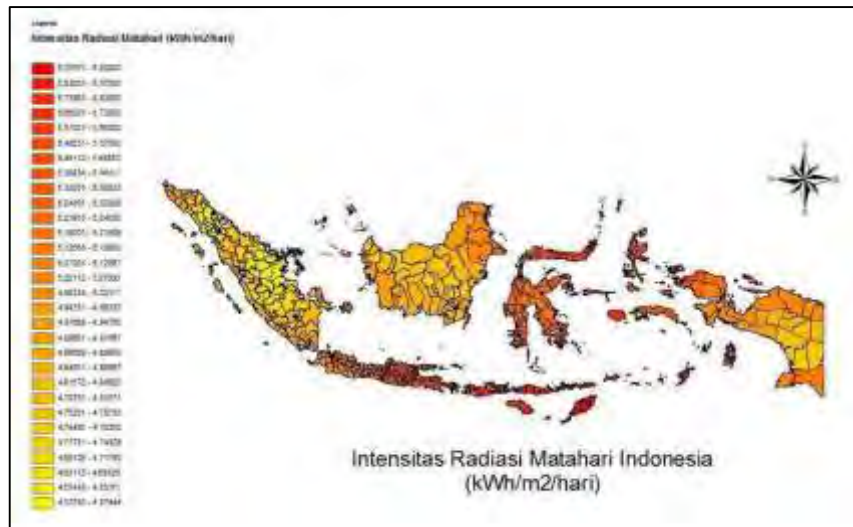
**Gambar 2.1** Peta penyinaran matahari secara global.

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran:

- Kawasan barat Indonesia (KBI) =  $4.5 \text{ kWh/m}^2.\text{hari}$ , variasi bulanan sekitar 10%
- Kawasan timur Indonesia (KTI) =  $5.1 \text{ kWh/m}^2.\text{hari}$ , variasi bulanan sekitar 9%

Hal ini mengisyaratkan bahwa radiasi matahari tersedia Rata-rata Indonesia =  $4.8 \text{ kWh/m}^2.\text{hari}$ , dengan variasi bulanan sekitar 9% menunjukkan bahwa ketersediaan radiasi matahari hampir merata sepanjang tahun dengan penyinaran yang lebih baik pada kawasan timur Indonesia. (Kementerian ESDM, 2013)





**Gambar 2.2** Profil Penyinaran Matahari Indonesia.

## 2.2 Pulau Gili Iyang

Salah satu pulau kecil yang mulai dikenal oleh masyarakat adalah Pulau Gili Iyang (gambar 2.3) yang terletak di dekat Pulau Madura tepatnya di kabupaten Sumenep. Pulau ini terkenal dengan area memancing dan kadar oksigen yang cukup tinggi dibandingkan dengan daerah lain. Berdasarkan penelitian terakhir yang dilakukan Balai Besar Teknis Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKL-PP), menurut Ketua Tim sekaligus Kepala BBTKL PP, Zainal Ilyas Nampira, hasil kajian sementara, kondisi oksigen ( $O_2$ ) mencapai 20, 9 hingga 21, 5 persen atau berada diatas ambang normal 20 persen (BBTKLPP Surabaya, 2013). Jarak yang ditempuh bila dari Surabaya akan menempuh 171 Km ke Sumenep baru menyeberang dengan perahu tradisional untuk sekali penyeberangan memerlukan waktu sekitar 60-90 menit.



**Gambar 2.3** Peta lokasi Pulau Gili Iyang.

Berdasarkan penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) tahun 2006, didapatkan kesimpulan parameter polusi udara CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, dan SO<sub>2</sub> di pulau ini punya konsentrasi jauh lebih rendah dibanding nilai ambang batasnya. Kondisi ini terukur pada transisi musim panas ke musim penghujan. Pada musim hujan ke musim kemarau, konsentrasi oksigennya lebih bagus. (Lintas Madura Online, 2013)

Pulau Gili Iyang kini menjadi prioritas BPWS (Badan Pengembangan Wilayah Surabaya-Madura) bersama Kabupaten Sumenep dalam konsep pengembangan potensi kekayaan Wisata Alam dan Kesehatan Sumenep. Pengembangan sektor pariwisata adalah sektor ekonomi cepat tumbuh, agar menggiring kawasan Dungkek-Gili Iyang menjadi satu kesatuan dengan Pantai Lombang dan Pantai Sloppeng.

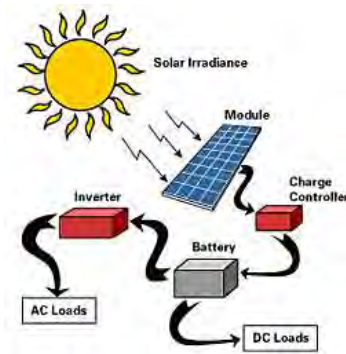
### 2.3 Tinjauan Umum Kapal Bertenaga Surya

Kapal atau perahu yang menggunakan tenaga surya pertama kalinya dibangun pada tahun 1975 di England (Electrical Review, 1997) dengan bentuk lambung kapal yang hanya menampung satu orang dan panel surya diletakkan diatas pengemudi atau di haluan kapal. Pada akhirnya kapal tenaga surya ini semakin berkembang baik digunakan untuk kapal passenger maupun kapal-kapal niaga.



**Gambar 2.4** Catamaran Solar Power Boat dan Monohull Solar Power Boat.

Pada dasarnya suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sebenarnya sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1% saja permukaan bumi dengan divais solar sel yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini. Perkembangan yang pesat dari industri sel surya (solar sel) di mana pada tahun 2004 telah menyentuh level 1000 MW membuat banyak kalangan semakin melirik sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan ini.



**Gambar 2.5** Panel Surya.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang  $\lambda$  dan frekuensi photon  $\nu$  dirumuskan dengan persamaan:

$$E = h.c/ \lambda$$

Dengan  $h$  adalah konstanta *Plancks* ( $6.62 \times 10^{-34}$  J.s) dan  $c$  adalah kecepatan cahaya dalam vakum ( $3.00 \times 10^8$  m/s).

Persamaan diatas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik. Untuk penggunaan secara luas dalam bentuk arus bolak-balik, masih diperlukan peralatan tambahan seperti inventer, baterai penyimpanan dan lain-lain.

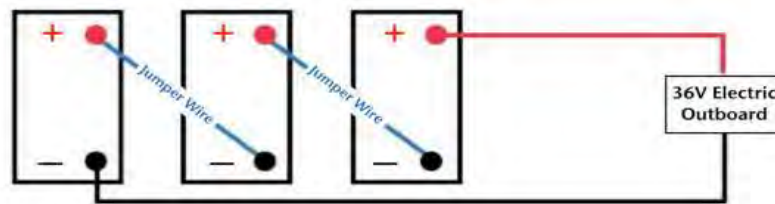
## 2.4 Electric Marine Propulsion

*Electric Propulsion* digunakan pertama kali dalam suatu sistem diesel-electric terpasang pada kapal tanker “*Vandal*” 1903 (Rusia) dipakai untuk sistem pembalikan arah putaran *propeller* (Koehler dan Oehlers). Sejak 1980s, *Electric Propulsion* telah menjadi yang bagian terpenting dalam industri maritime. Sampai saat ini diesel-*electric propulsion* telah digunakan untuk menggerakkan berbagai jenis kapal, antara lain sistem *roll-on/roll-off* kapal barang hingga kapal tangki minyak.

Motor elektrik untuk perahu yang kecil mempunyai banyak keuntungan daripada motor bakar (*Internal Combustion Engines*). Untuk perbandingan pada *output power* yang sama, pada motor elektrik mempunyai efisiensi energi yang lebih tinggi daripada motor bakar, selain itu pada

motor elektrik sedikit kebisingan yang ditimbulkan, tidak ada gas buang (polusi) dan lebih sedikit *maintenance* (pemeliharaan). Motor elektrik merupakan mesin yang lebih sederhana dibandingkan dengan motor bakar (Internal Combustion Engine).

Pada motor elektrik hanya terdapat dua komponen yaitu stator dan rotor, sedangkan pada motor bakar lebih banyak komponen yang diperlukan antara lain; penyangkai udara, minyak pelumas, system pendingin, *timing belt* dan *gear*, katup, system gas buang, system bahan bakar (fuel injection), yang mana semua komponen ini tidak diperlukan lagi pada motor elektrik, dengan sedikitnya komponen yang bergerak pada motor elektrik maka motor ini dapat dikatakan lebih handal dan lebih sedikit pemeliharaan dibanding dengan motor bakar.



**Gambar 2.6** Rangkain baterai dan motor elektrik 3 baterai 12V (seri 36V).

## 2.5 Desain Kapal Pariwisata

Beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam penentuan ukuran utama kapal antara lain daya angkut dan muat, kecepatan, radius pelayaran serta daerah pelayaran. Dalam pembuatan perahu dengan panel surya perlu memperhatikan jumlah panel surya dan baterai yang di butuhkan untuk mampu menggerakkan kapal dengan kecepatan yang di rencanakan. Selain hal tersebut, bentuk maupun ukuran kapal serta penempatan baterai, panel dan layar akan berpengaruh pada displasment kapal serta system stabilitasnya.

Untuk menentukan displasemen kapal yang memiliki bentuk tertentu, dihitung berdasarkan besarnya Sarat Kapal (T). Perhitungan berat kapal kosong terdiri dari beberapa komponen berat utama kapal.

Rumus berat kapal kosong:

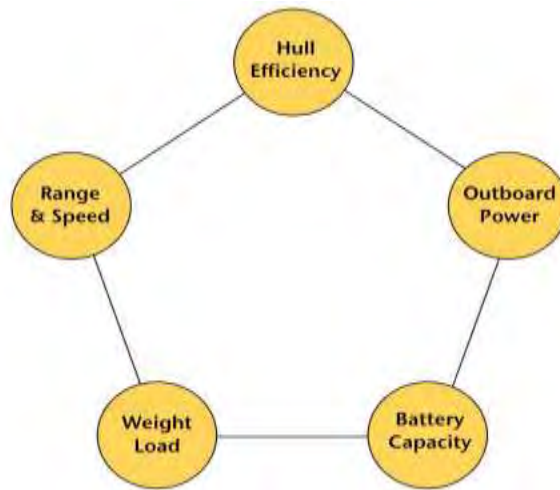
$$W = W1 + W2 + W3 + \dots + W7$$

Dalam berbagai kondisi muat, disamping berat kapal kosong, jumlah berat kapal yang sedang beroperasi meliputi:

1. Berat dari ABK & penumpang dan barang bawaannya.
2. Berat air tawar.
3. Berat perbekalan/provisions.
4. Berat peralatan Panel surya dan baterai.

Sarat maksimum kapal dengan menyesuaikan minimum lambung timbul/ *freeboard* (yaitu

jarak yang diukur dari garis muat maksimum ke garis tepi geladak di tengah kapal). Perlu dipertimbangkan pula bahwa kemungkinan kapal wisata selama beroperasi akan mengalami perubahan berat terutama dengan penambahan atau pengurangan jumlah penumpang.



**Gambar 2.7** Hubungan Schematic Parameter Desain Kapal.

## 2.6 Computational Fluid Dynamic

*Computational fluid dynamics*, biasanya disingkat sebagai CFD, adalah cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang melibatkan aliran fluida. Komputer digunakan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan untuk mensimulasikan interaksi antara zat cair dan gas dengan permukaan yang didefinisikan oleh kondisi batas (Anderson, 1995)

### 2.6.1 Metode beda hingga (Finite Difference method)

Fungsi potensial aliran  $\phi$  yang tidak diketahui ditentukan pada titik-titik simpul grids. ekspansi deret Taylor sering digunakan untuk memperoleh pendekatan dalam bentuk finite difference turunan dari potensial aliran  $\phi$  tersebut. Dengan mensubstitusikan setiap turunan yang ada pada persamaan aliran melalui pendekatan tersebut, maka akan diperoleh suatu persamaan aljabar untuk setiap titik grid (Fox & MacDonald, 1988). Persamaan-persamaan dasar yang digunakan dalam analisa aliran fluida terdiri dari hukum kekekalan massa dan hukum kekekalan momentum.

Atau dapat ditulis dalam bentuk vektor sebagai berikut:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} \quad (2.6)$$



Sehingga persamaan (2.7) merupakan persamaan kekekalan massa atau persamaan kontinuitas pada titik di dalam fluida yang dapat dimampatkan (*compressible*).

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} &= 0 \\ \therefore \frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right] &= 0 \\ \therefore \frac{D\rho}{Dt} + \rho \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right] &= 0 \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho v) &= 0\end{aligned}\quad (2.7)$$

Suku pertama merupakan perubahan rata-rata kerapatan fluida persatuan waktu (massa per satuan volume). Suku kedua merupakan massa aliran yang meninggalkan elemen fluida, dikenal juga dengan suku konveksi. Pada fluida yang bersifat incompressible (misalnyacairan),kerapatannya bersifat tetap sehingga persamaan (2.7) menjadi :

$$\text{div}(U) = 0 \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.8)$$

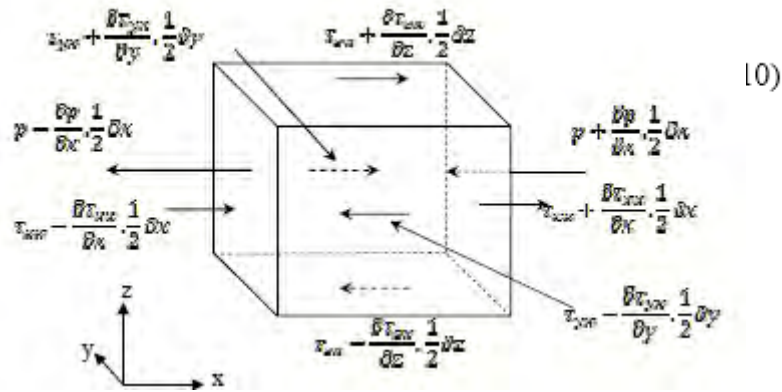
### 2.6.2 Hukum Kekekalan Momentum

Hukum Newton II menyatakan bahwa perubahan momentum yang terjadi pada partikel fluida adalah sama dengan jumlah gaya-gaya yang bekerja pada partikel tersebut. Pertambahan momentum persatuan volume pada partikel fluida diberikan oleh persamaan (2.9).

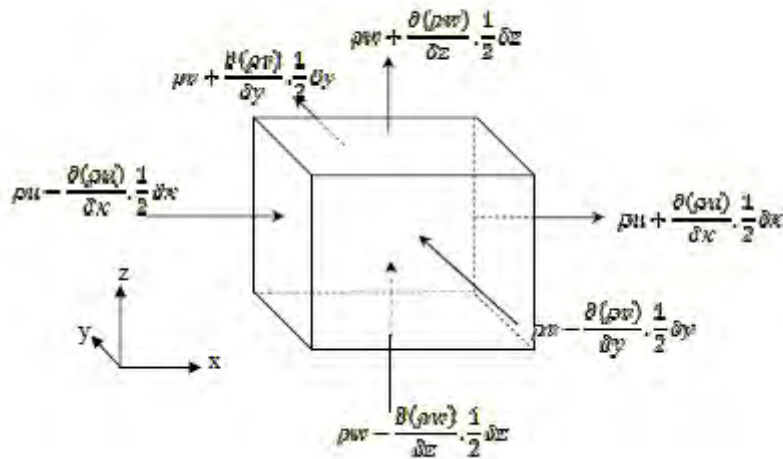
$$\rho \frac{Du}{Dt} \quad \rho \frac{Dv}{Dt} \quad \rho \frac{Dw}{Dt} \quad (2.9)$$

Gaya yang bekerja pada fluida dibedakan menjadi dua macam yaitu *surface force* dan *body force*. *Surface force* terdiri dari gaya akibat tekanan dan gaya akibat kekentalan. Sedangkan *body force* terdiri dari gaya gravitasi, gaya sentrifugal dan gaya elektromagnetik. Pada penurunan persamaan kekekalan momentum, peranan gaya tekanan (p) dan gaya kekentalan (τ) sangat penting. Pada gambar 2.8 diperoleh komponengaya pada elemen fluida yang bekerja searah sumbu x dimana diperoleh selisihgaya sebesar:

$$\left( -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} \right) \Delta x \Delta y \Delta z + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} \Delta x \Delta y \Delta z + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \Delta x \Delta y \Delta z = 0$$



**Gambar 2.8** Aliran Massa Pada Elemen Fluida.



**Gambar 2.9** Komponen Teganagn Kearah Sumbu X.

Bila persamaan 2.13 dibagi dengan volume  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ , maka akan diperoleh

$$\frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = 0 \quad (2.11)$$

Bila pengaruh *body force* dinyatakan sebagai besaran *source*,  $S_{MX}$ , Sedangkan persamaan momentum untuk arah sumbu x diperoleh sebagai hubungan perubahan momentum pada partikel fluida sama dengan jumlah gaya – gaya akibat tegangan permukaan. Persamaan (2.11) bila ditambah dengan perubahan momentum akibat adanya *source*, maka persamaan momentum dengan arah sumbu x dinyatakan dalam persamaan (2.12). Sedangkan komponen persamaan momentum arah sumbu y dinyatakan dalam persamaan 2.13

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{MX}$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial (-p + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + S_{My} \quad (2.13)$$

Dan komponen persamaan momentum arah sumbu z dinyatakan dalam Persamaan 2.14.

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial (-p + \tau_{zz})}{\partial z} + S_{Mz} \quad (2.14)$$

### 2.6.3 Persamaan Navier Stokes

Persamaan penentu dalam aliran fluida mengandung besaran yang tidak diketahui yaitu komponen tegangan kekentalan rij (Fox & MacDonald, 1988). Dalam aliran fluida, tegangan kekentalan tersebut dapat dinyatakan sebagai fungsi deformasi lokal. Pada analisa tiga dimensi, deformasi lokal tersebut terdiri dari deformasi linear dan deformasi volumetrik. Deformasi linear dibedakan menjadi:

1. Komponen deformasi elongasi, dinyatakan sebagai

$$e_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad e_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad e_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z} \quad (2.15)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = \text{div} \mathbf{u} \quad (2.16)$$

2. Komponen deformasi geser dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned} e_{xy} = e_{yx} &= \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\ e_{xz} = e_{zx} &= \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\ e_{yz} = e_{zy} &= \frac{1}{2} \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (2.17)$$

3. Sedangkan deformasi volumetric dinyatakan sebagai

Pada fluida yang bersifat Newtonian, tegangan kekentalan berbanding lurus terhadap deformasi. Dengan memasukkan besaran-besaran viskositas  $\mu$  untuk deformasi linear dan untuk deformasi volumetric, maka diperoleh komponen tegangan kekentalan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \tau_{xx} &= 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \text{div} u \\
 \tau_{yy} &= 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} + \lambda \text{div} u \\
 \tau_{zz} &= 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} + \lambda \text{div} u \\
 \tau_{xy} &= \tau_{yx} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\
 \tau_{xz} &= \tau_{zx} = \mu \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \\
 \tau_{yz} &= \tau_{zy} = \mu \left( \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)
 \end{aligned} \tag{2.18}$$

Dengan substitusi persamaan (2.18) ke dalam persamaan (2.12) hingga (2.14) akan menghasilkan persamaan Navier-Stokes yang akan digunakan dalam metode *finite volume*.

$$\begin{aligned}
 \rho \frac{Dv}{Dt} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \cdot \text{grad} \cdot v) + S_{My} \\
 \rho \frac{Dw}{Dt} &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \cdot \text{grad} \cdot w) + S_{Mz} \\
 \rho \frac{Du}{Dt} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \cdot \text{grad} \cdot u) + S_{Mx}
 \end{aligned} \tag{2.19}$$

#### 2.6.4 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Metode ini menggunakan fungsi bentuk sederhana (linear atau kuadrat) pada elemen yang menggambarkan variasi variabel aliran. Persamaan pengendali dapat dipenuhi dengan penyelesaian secara eksak. Jika perkiraan persamaan tersebut tidak terpenuhi maka akan terjadi sisa (residual) yang dapat diukur kesalahannya. Kemudian sisa tersebut diminimumkan dengan cara mengalikannya dengan fungsi berat dan pengintegralan hasilnya adalah fungsi aljabar untuk koefisien yang tidak diketahui dari fungsi perkiraan.

### 2.6.5 Metode Spektral (*Spektral Method*)

Metode ini didekati dengan deret Fourier atau deret polynomial Chesbyshev. Metode ini dilakukan dengan pendekatan valid melalui *computational domain*, berbeda dengan metode beda hingga dan elemen hingga yang pendekatannya tidak lokal. Pada metode ini persamaan-persamaan yang tidak diketahui diturunkan ke dalam persamaan pengendali dengan fungsi deret.

### 2.6.6 Metode Volume Hingga (*Finite Volume Method*)

Metode ini dikembangkan dengan formulasi khusus metode beda hingga. Secara global, algoritma numerik yang dimiliki oleh metode beda hingga adalah dengan melakukan pengintegralan persamaan pengendali aliran fluida terhadap seluruh kontrol volume dari domain penyelesaian. Kemudian dilanjutkan dengan pendiskritan yang meliputi substitusi berbagai pendekatan beda hingga darisuku-suku persamaan yang diintegrasikan tersebut. Sehingga menggambarkan proses aliran seperti konveksi, difusi dan *source*. Pada tahap ini setiap persamaan integral akan diubah menjadi persamaan aljabar. Setelah itu persamaan-persamaan aljabar akan diselesaikan dengan metode iterasi CFD *code* meliputi teknik-teknik pendiskritan yang cocok untuk menyelesaikan fenomena perpindahan, konveksi (akibat aliran fluida) dan difusi (akibat adanya perbedaan antara satu titik dengan titik lainnya), serta *source* (berhubungan dengan muncul dan hilangnya). Kekekalan variabel aliran *dalam finite control volume* dapat diekspresikan dengan persamaan keseimbangan bahwa perubahan dalam kontrol volume terhadap waktu sama dengan penjumlahan perubahan dari konveksi ke dalam kontrol volume, dan difusi ke dalam kontrol volume serta perubahan ke dalam kontrol volume.

### 2.6.7 Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) merupakan metode perhitungan menggunakan kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputer. Prinsip perhitungan CFD diawali dengan membagi domain fluida menjadi sejumlah elemen terintegrasi. Setiap elemen tersebut dikontrol oleh suatu persamaan dengan menggunakan perhitungan numerik, untuk kemudian diperoleh hasil berupa gaya – gaya yang bekerja pada model ataupun keterangan lain yang dapat menggambarkan kondisi model pada kondisi batas tertentu. Kondisi batas dalam hal ini diperlukan sebagai input. Prinsip ini sering dipakai pada proses perhitungan dengan menggunakan bantuan komputasi

komputer. Contoh lain penerapan prinsip tersebut adalah Finite Element Analysis (FEA) yang digunakan untuk menghitung tegangan yang terjadi pada benda solid.

Sejarah penemuan CFD berawal pada tahun 60-an dan mulai dikenal pada tahun 70 an, awal pemakaian konsep CFD hanya terbatas pada aliran fluida dan reaksi kimia, namun seiring dengan berkembangnya industri di tahun 90-an membuat CFD semakin dibutuhkan pada berbagai aplikasi lain. Sebagai contoh adalah semakin berkembangnya software CAD yang memiliki kompatibilitas tinggi dengan CFD, baik dalam kelengkapan tool maupun dalam pendukung konsep perhitungan untuk menganalisa gaya yang terjadi pada model analisa. Pemakain CFD secara umum dapat dipakai untuk memprediksi :

1. Aliran suatu fluida beserta distribusi temperaturnya
2. Transfer massa
3. Perubahan fasa seperti pada proses melting, pengembunan dan pendidihan
4. Reaksi kimia seperti oksidasi (pembakaran)
5. Gerakan mekanis seperti piston, fan dan propeller pada kapal
6. Tegangan dan tumpuan pada benda solid
7. Gelombang elektromagnet.

CFD menerapkan perhitungan yang dikhususkan pada fluida beserta perilakunya, mulai dari aliran fluida, heat transfer dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Atas prinsip – prinsip dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum dan hukum kekekalan massa, perhitungan CFD dapat dilakukan. Secara sederhana proses perhitungan CFD dapat diawali dengan mendefinisikan suatu model menjadi elemen – elemen kecil. Setiap elemen yang terbentuk akan dikontrol dengan menggunakan konsep persamaan dinamika fluida. Seperti pada persamaan matematis lainnya, persamaan dinamika fluida memerlukan variabel inputan untuk mendapatkan suatu nilai hasil. CFD memanfaatkan kondisi batas (Boundary Conditions) pada domain fluida sebagai variabel inputan guna menjalankan persamaan tersebut. Sebagai contoh, ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperatur maka perhitungan yang dilakukan akan menggunakan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Sehingga dapat dikatakan bahwa inisialisasi awal dari persamaan dinamika fluida adalah boundary condition.

#### **2.6.8 Persamaan Dasar Dinamika Fluida pada CFD**

Pada dasarnya semua jenis CFD menggunakan persamaan dasar (*governing equation*) dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Persamaan-persamaan ini merupakan pernyataan matematis untuk tiga prinsip dasar fisika :

- 1) Hukum Kekekalan Massa (*The Conservation of Mass*)
- 2) Hukum Kedua Newton (*Newton's Second Law of Motion*)
- 3) Hukum kekekalan Energi

Untuk mendapatkan persamaan dasar gerak fluida, filosofi berikut selalu diikuti:

1. Memilih prinsip fisika dasar dari hukum–hukum fisika ( Hukum Kekekalan Massa, Hukum Kedua Newton, Hukum Kekekalan Energi).
2. Menerapkan prinsip-prinsip fisika di dalam model aliran. Dari penerapan, diuraikan persamaan matematis yang meliputi prinsip - prinsip fisika dasar.

Metodologi pengerjaan tugas akhir ini secara garis besar dibagi menjadi dua tahap utama, yaitu analisa geometri dan analisa *software*. Untuk analisa geometri diawali dari studi literatur yang diperoleh dari data yang didapat dari referensi berupa buku sebagai acuan untuk konsep desain. Setelah tahap pertama selesai dilanjutkan ke tahap kedua yaitu analisa *software*, pada tahap ini diawali dengan pembuatan model kapal, dan bila syaratnya sudah memenuhi kemudian dilakukan tahap analisa dengan *software*.

#### **2.6.9 Pemodelan dan Simulasi Numerik**

Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan *software* antara lain:

- 1) Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- 2) Memiliki kemampuan system studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
- 3) Memiliki kemampuan untuk studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan scenario kecelakaan).
- 4) Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

Aplikasi dari *software* untuk penyelesaian masalah aliran pada kapal telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir – akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik *software* merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perencanaan. Dengan *software* memungkinkan untuk memprediksi fenomena aliran fluida yang jauh lebih kompleks dengan berbagai tingkat akurasi. Dalam desain kerjanya, problem yang ada perlu dideskripsikan kedalam *software* dengan menggambarkan model yang akan dianalisa, sifat – sifat fluida yang ada disekitar model dan juga penentuan kondisi batasnya. Selanjutnya dalam *solver* 32 *problem* yang ada akan dihitung. Dari hasil perhitungan kemudian didapatkan hasil *output* dari *running* program. Computational Fluid Dynamics merupakan

analisa sistem yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait. Seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis komputer (*numeric*). Teknik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non-industri. Code *software* terstruktur atas *logaritma numeric*, sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan problem pada suatu aliran fluida.

Secara umum proses simulasi dengan menggunakan CFD dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu *Pre Processor*, *Solver Manager (flow solution)*, *PostProcessor (Analyse and Visualise)*, yang akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut :

#### 1. *Pre Processor*

Proses ini dapat dimulai dengan membuat model yang akan dianalisa, kemudian dilanjutkan dengan pendefinisian domain dan kondisi batas (*boundary condition*). Pada tahap ini model beserta ruangan yang akan dianalisa dibagi – bagi sejumlah grid tertentu atau juga disebut dengan *meshing*.

Pada tahap awal pemrograman ini terdiri dari input masalah aliran untuk *software* melalui *interface* kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang sesuai dengan format yang dikehendaki oleh bagian *solver*. Pada tahap ini perlu dilakukan input permasalahan sesuai dengan aturan pada *software* meliputi :

- a. Membentuk geometri benda dan daerah sekeliling benda sebagai *domain* komputasi
- b. Membentuk *Grid Generation* atau membagi *domain* yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil (*subdomain*)
- c. Penentuan fenomena fisika dan kimia dari model
- d. Penentuan sifat-sifat fluida (*boudary condition*), seperti pendefinisian harga *densitas*, kekentalan, suhu fluida dan lain-lain
- e. Penentuan kondisi batas model geometri, lokasi pembuatan kondisi batas harus ditentukan baik pada daerah disekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan
- f. Penentuan besar kecilnya atau kekasaran *Grid (Mesh)*

Analisa masalah aliran yang berupa kecepatan, tekanan atau temperatur didefinisikan sebagai suatu daerah yang berupa simpul-simpul tiap cell. Jumlah cell dalam *grid (mesh)* menentukan akurasi penyelesaian *software*. Pada umumnya semakin banyak cell semakin akurasi penyelesaiannya. Namun hal ini tidak selamanya berlaku, pada skala tertentu penambahan cell tidak mempengaruhi hasil dari analisa. Untuk itu pengguna *software* dituntut untuk menentukan jumlah cell atau elemen yang optimum. Daerah yang memiliki



perubahan bentuk yang sangat tajam, biasanya proses *meshing* dilakukan dengan sangat halus, sedang untuk daerah yang lain dilakukan dengan sedikit lebih kasar.

## 2. *Solver Manager* (Penyelesaian Perhitungan)

Tahap selanjutnya adalah processor /solver, pada tahap ini dilakukan proses perhitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya perhitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Perhitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume control dengan proses integrasi persamaan diskrit. Solver dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *finite difference*, *finite element* dan *finite volume*. Secara umum metode numerik solver tersebut terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Perkiraan variabel yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana
- b. Diskretisasi dengan substitusi perkiraan-perkiraan tersebut dengan persamaan persamaan aliran yang berlaku dan berbagai manipulasi matematika
- c. Penyelesaian dari persamaan aljabar Metode *finite volume* adalah pengembangan khusus dari formulasi *finite difference*. *Finite volume* digunakan pada berbagai code CFD komersi seperti : PHOENICS, CFX, FLUENT, NUMECA, FLOW3D dan STARCD.

Pada tahap ini input dari *boundary condition* sangat diperlukan guna menterjemahkan elemen-elemen beserta kondisinya agar dapat dimengerti oleh software sehingga perhitungan dapat dilaksanakan. Macam *boundary condition* terdiri dari terjemahan fluida, kapal, wall *inlet* dan *outlet*.

### 1. Massa dan Momentum

Momentum yang terjadi pada aliran fluida yang dipengaruhi oleh massa dan kecepatan dengan vector kecepatan U, V dan W. Arah yang diambil dalam perlakuan terhadap boundary adalah arah normal terhadap domain. Komponen kecepatan aliran (*Cartesian Velocity Vector*) adalah dengan resultant:

$$U_{inlet} = U_{spec^j} + V_{spec^i} + W_{spec^k}$$

### 2. Tekanan Total

Tekanan Total,  $P_{tot}$ , untuk fluida didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{static}$$

### 3. Kecepatan Laju Aliran Massa

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen, dimana influx massa dihitung menggunakan rumus :

$$\rho U = m/\int s dA$$

a. *Boundary Condition Outlet*

1. Kecepatan outlet

Komponen kecepatan outlet boundary adalah velocity

$$U_{\text{outlet}} = U_{\text{spec}^j} + V_{\text{spec}^i} + W_{\text{spec}^k}$$

2. Tekanan Outlet Fluida

Tekanan outlet fluida adalah tekanan static inlet ditambah perubahan tekanan yang terjadi

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{stat}} + 1/2 \rho U^2$$

b. *Boundary Condition Wall*

1. Tekanan Statis rata-rata

*Wall Relative Static Pressure* adalah

$$P_{\text{av}} = P_{\text{dA}} \int P_{\text{dA}}$$

2. Mass Flow Rate Out

Distribusi massa di daerah wall ditentukan oleh aliran berat massa

3. Heat Transfer

4. Perpindahan panas di tentukan adiabatic pada *wall boundary* kapal karena pengaruh energi panas yang begitu kecil terhadap nilai lift sehingga.

$$Q_{\text{wall}} = 0$$

3. *Post Processor (Analyse and visualize)*

Hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola tertentu. Pada step ini akan ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualise aliran fluida pada model. Data numeric yang diambil adalah data nilai variable sifat fluida, data sifat fluida yang dapat di ambil adalah sebagai berikut:

- a. Densiti
- b. Kekentalan densiti
- c. Eddy Viscosity
- d. Koefisien perpindahan panas
- e. Nilai dari *mach*
- f. Tekanan
- g. Tekanan *Gradient*
- h. *Shear Strain rate*

- i. *Specific Capacity Heat Transfer Rate*
- j. Entalpi statis
- k. Suhu
- l. *Termal Conductivity*
- m. Total entalpi
- n. Total suhu
- o. Total tekanan
- p. Turbulen energi kinetik
- q. Kecepatan
- r. *Wall Heat flux*
- s. Gaya sesek
- t. Yplus
- u. Koordinat

Dan data visualisasi model yang bisa ditampilkan oleh *post processor* adalah sebagai berikut:

- a. Gambar geometri model
- b. Gambar *surface* sifat fluida
- c. Animasi aliran fluida
- d. Tampilan *vector* kecepatan
- e. Gerakan *rotasi*, translasi dan penyekalaan
- f. Arah aliran fluida
- g. *Hardcopy output*

Dalam proses *set-up* dan *running* simulasi ada tahapan identifikasi dan formulasi permasalahan aliran dengan pertimbangan fenomena fisika dan kimia. Pemahaman yang cukup baik diperlukan dalam menyelesaikan algoritma penyelesaian numerik. Ada 3 konsep matematika yang digunakan dalam menentukan berhasil atau tidaknya algoritma (AIAA, 2000) yaitu :

1. *Konvergensi*, yaitu property metode numerik untuk menghasilkan penyelesaian eksakta sebagai grid spacing, ukuran control volume atau ukuran elemen dikurangi mendekati nol. Konvergensi biasanya sulit untuk didapatkan secara teoritis. Untuk kondisi lapangan kesamaan Lax yang menyatakan bahwa untuk permasalahan linear memerlukan konvergensi.

2. *Konsistensi*, yaitu urutan numerik untuk menghasilkan system persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan sama (equivalen) dengan persamaan pengendali sebagai jarak grid mendekati nol.
3. *Stabilitas*, yaitu penggunaan factor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembuatan path data awal maka dapat menyebabkan terjadinya osilasi atau divergensi.

CFD memberikan hasil fisik yang realistik dengan akurasi yang baik pathsimulasi dengan grid yang berhingga. Ada tiga sifat perhitungan finite volume, yaitu *conservativeness*, *Boundedness*, dan *Transportiveness*. Ketiganya didesain menjadi bagian berhingga yang dapat menunjukkan keberhasilan simulasi CFD. Disamping itu ketiganya umumnya digunakan sebagai alternative untuk konsep matematika yang akurat. Skema numerik memiliki sifat *conservativeness* yang dapat mempertahankan kekekalan sifat-sifat fluida secara global untuk seluruh domain penyelesaian. Pendekatan volume hingga dapat menjamin tetap berlangsungnya kekentalan property fluida CFD untuk tiap control volume. Proses aliran terdiri dari dua, yaitu konveksi dan difusi. Keduanya dapat dihitung pengaruh arahnya dengan bagian finite volume, yaitu *transportiveness*. Sedangkan *boundedness* dapat mempertahankan kestabilan suatu metode numerik.

## 2.7 Sel Surya (Solar Cell)

Sel surya (*solar cells*) disebut juga dengan *photovoltaic (PV) cells*. *Solar cell* mengubah cahaya matahari menjadi tenaga listrik. Proses perubahan cahaya matahari (*photon*) menjadi tenaga listrik (*voltage*) ini disebut dengan *PV effect*. *PV effect* ditemukan pada tahun 1954 oleh ilmuwan bernama Bell Telephone saat dirinya menemukan *silicon*, sebuah elemen yang ditemukan di tanah yang mampu menghasilkan muatan listrik saat diletakkan di bawah sinar matahari. Kemudian *solar cell* digunakan sebagai tenaga ruang satelit dan untuk item-item kecil seperti jam dan kalkulator.

Saat ini, panel surya digunakan sebagai sumber tenaga pada rumah. Sel surya ini menggunakan sekitar 10-20 panel yang dipasang dengan sudut tetap menghadap ke selatan atau dapat dipasang pada sebuah *tracking device* yang akan mengikuti cahaya matahari untuk menangkap cahaya matahari dengan maksimal.

Suatu kesatuan panel surya yang terdiri dari beberapa panel yang dikombinasikan bersama untuk membentuk suatu sistem disebut dengan *solar array*. Untuk penggunaan sel surya dalam skala besar atau aplikasi industri, ratusan *solar array* saling berhubungan untuk membentuk sebuah *large utility-scale PV system*.

Tradisional sel surya dibuat dari *silicon*, biasanya berbentuk pelat datar. Generasi kedua dari solar cell adalah *thin-film solar cells* karena terbuat material nonsilikon seperti *cadmium tellurine*. Solar cell jenis ini menggunakan lapisan material semikonduktor yang tebalnya sangat kecil. Generasi ketiga solar cell dibuat dari variasi material baru selain silikon meliputi tinta solar (*solar inks*) yang menggunakan teknologi *printing press* konvensional, *solar dyes*, dan konduktif plastik (*conductive plastics*). Beberapa *solar cell* menggunakan lensa plastis atau cermin untuk memfokuskan ke dalam lembaran kecil dari material PV berefisiensi tinggi (*PV materials high efficiency*). Adapun jenis-jenis panel sel surya (*solar cell panel*) adalah sebagai berikut:

a. Polikristal (*poly-crystalline*)

Panel surya jenis ini merupakan *solar cell panel* yang memiliki susunan kristal secara acak. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama, tipe jenis ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan jenis monokristal. Namun panel surya jenis ini memiliki kelebihan dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

b. Monokristal (*mono-crystalline*)

Panel surya jenis ini merupakan panel surya yang paling efisien dan mampu menghasilkan daya listrik per satuan luas paling tinggi. Kelemahan dari panel surya jenis ini adalah tidak dapat berfungsi baik di tempat yang cahaya matahari kurang (teduh) dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca yang berawan.

c. Amorphous

Amorf silikon pada panel surya jenis ini tidak memiliki struktur kristal. Amorf silikon hanya sebagai kaca atau obsidian. Amorf silikon beku tersusun secara acak. Panel surya ini lebih murah dalam proses produksinya namun kurang efisien dalam menghasilkan energi listrik dari matahari. Keuntungan dasar dari panel surya amorphous berada pada skala produksi yang besar bukan pada efisiensi *solar cell*. Panel surya ini sering digunakan pada kalkulator bertenaga surya.

d. Compound (GaAs)

Jenis panel surya ini terdiri dari lempengan tembaga. Sistem ini menghasilkan listrik melalui aksi sinar matahari pada semikonduktor tertentu termasuk silikon monokristal, polykristal dan amorf.



(Solar Surya Indonesia, 2013)

**Gambar 2.10** Contoh Panel Surya

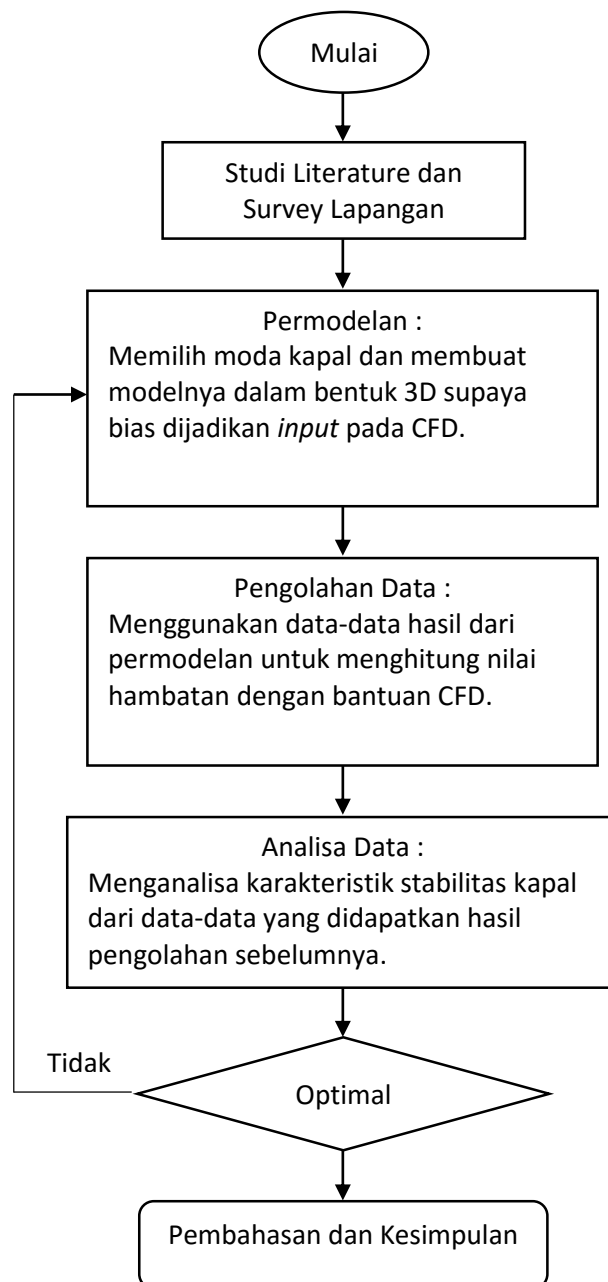
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

Metodologi penelitian merupakan langkah pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan beserta metode pengerjaannya. Pada pembahasan ini akan dijelaskan tentang kerangka berfikir (*flowchart*) pengerjaan Tugas Akhir.

#### 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



### **3.3 Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir**

#### **3.3.1 Studi Literatur dan Survei Lapangan**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi perkembangan teknologi perkapalan khususnya dalam bidang perancangan kapal pariwisata. Pada tahap ini dilakukan studi pustaka terhadap system yang bekerja pada panel surya yang digunakan untuk menyelesaikan perhitungan kebutuhan tenaga matahari sebagai tenaga alternative pada motor DC. Luasan panel surya inilah yang digunakan untuk merancang bentuk bangunan atas kapal yang berhubungan dengan factor stabilitas kapal. Studi literatur ini juga meliputi pencarian referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian sebelumnya. Sedangkan untuk mendapatkan data yang riil tentang ukuran utama kapal, kondisi perairan dan sebagainya maka dibutuhkan survei lapangan.

#### **3.3.2 Permodelan**

Setelah mengetahui ukuran utama kapal yang diperoleh dari hasil survey lapangan, maka dalam tahapan ini akan dilakukan proses pembuatan model kapal dengan bantuan *software Maxsurf Modeler*. Sehingga hasil dari permodelan ini bias dijadikan *input* pada saat perhitungan hambatan dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

#### **3.3.3 Pengolahan Data**

Data-data yang diperoleh dari hasil permodelan akan dianalisa dengan bantuan *tools* CFD untuk mencari nilai hambatan kapal. Hasil dari simulasi dikatakan valid apabila selisih antara *grid independen* kurang dari 2%. Dan apabila hasilnya lebih dari itu maka perlu dilakukan simulasi ulang dengan variasi *meshing* yang berbeda sampai hasilnya (hambatan kapal) memenuhi.

#### **3.3.4 Analisa Data**

Pada tahapan ini data-data dari hasil pengolahan digunakan untuk menganalisa karakteristik stabilitas kapal sehingga bisa dipastikan bahwa kapal dapat beroperasi dengan aman dan nyaman. Kapal dapat diasumsikan aman jika telah memenuhi kriteria yang disyaratkan. Analisa stabilitas kapal dilakukan dengan menggunakan software *Maxsurf Stability Advance* dan dilakukan pada beberapa macam kondisi. Model kapal yang digunakan untuk analisa stabilitas ini adalah hasil model yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya.



### **3.3.5 Pembahasan dan Kesimpulan**

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang dilakukan. Kesimpulan tersebut merupakan pembuktian dari hipotesis awal serta jawaban dari keseluruhan permasalahan yang ada meliputi evaluasi ketercapaian tujuan penelitian. Pada tahapan ini juga dilakukan penyusunan laporan tugas akhir yang merupakan keseluruhan *report* penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Survei Lapangan**

Untuk mendapatkan bentuk desain kapal pariwisata yang beroperasi di perairan Pulau Gili Iyang, maka dilakukan survey lapangan. Di lokasi ini survei difokuskan pada kapal-kapal yang menuju Pulau Gili Iyang dari Pelabuhan Rakyat Kecamatan Dungkek Kabupaten Sumenep.



**Gambar 4.1** Pelabuhan Rakyat Kec.Dungkek Kab.Sumenep Madura

Ada dua kapal yang melayani penyeberangan menuju Pulau Gili Iyang, yaitu kapal bernama KM.MADURA dengan tujuan akhir Sampit, Kalimantan dan KM.JOKO TOLE yang memang khusus melayani penyeberangan menuju Pulau Gili Iyang. Untuk menyeberang kesana, KM.JOKO TOLE beroperasi pada jam 10.00 WIB (Kec.Dungkek-Gili Iyang) dan 15.00 WIB (Gili Iyang-Kec.Dungkek) dengan tarif Rp.20.000 per orang. Diluar jam operasi tersebut para wisatawan yang ingin menuju ke Pulau Gili Iyang harus menyewa kapal yang dikenai tarif Rp.600.000 (Kec.Dungkek-Gili Iyang-Kec.Dungkek).



**Gambar 4.2** KM.MADURA yang tidak sedang beroperasi.

Ukuran utama KM.MADURA dan KM.JOKO TOLE dilakukan dengan cara manual yang dimulai dari mengukur panjang kapal, lebar kapal, tinggi kapal, sampai sarat kapal. Proses ini dilakukan karena kapal-kapal tersebut tidak dilengkapi dengan gambar rencana garis serta rancangan umum yang seharusnya dimiliki oleh setiap kapal.

**Table 4.1** Data ukuran utama yang diperoleh.

	<b>KM.MADURA</b>	<b>KM.JOKO TOLE</b>	
<b>Panjang (LOA)</b>	20	<b>12</b>	m
<b>Lebar (B)</b>	4.6	<b>2.4</b>	m
<b>Tinggi (H)</b>	2.5	<b>2</b>	m
<b>Sarat (T)</b>	1.2	<b>0.8</b>	m
<b>Jumlah ABK</b>	5	<b>2</b>	Orang

Kedua kapal ini secara keseluruhan dibuat dengan menggunakan material kayu kesambi dan kayu jati. Dengan kapasitas 10 – 20 orang dalam satu kali melakukan penyeberangan, KM.MADURA dan KM.JOKO TOLE menjadi alat transportasi utama bagi penduduk yang tinggal di Pulau Gili Iyang.

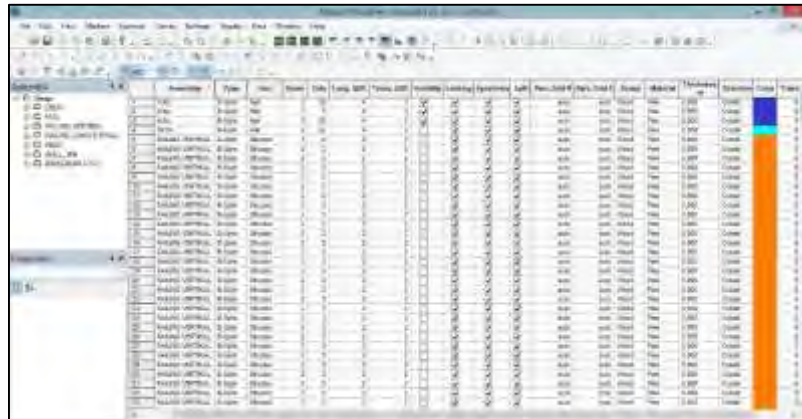


**Gambar 4.3** Pengukuran Kapal secara Manual

Pada penelitian ini digunakan data ukuran utama kapal KM.JOKO TOLE dengan pertimbangan rute pelayaran yang menuju Pulau Gili Iyang, sedangkan KM.MADURA beroperasi pada pelayaran utama menuju Sampit, Kalimantan.

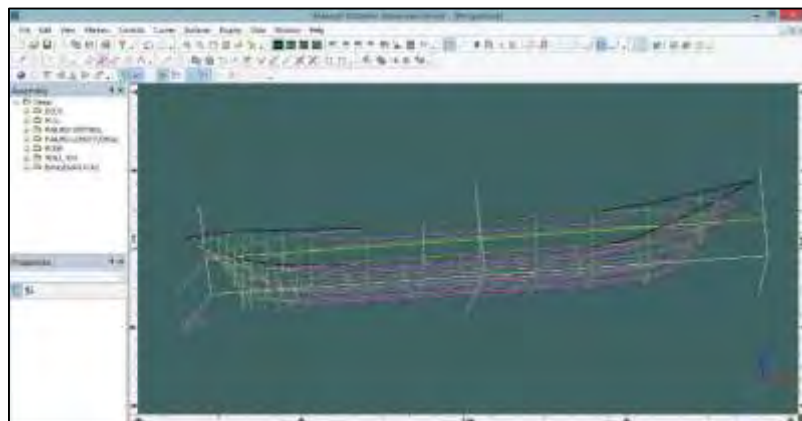
## 4.2 Permodelan

Berikutnya dari ukuran utama kapal yang telah disurvei, dapat dilakukan proses permodelan kapal. Dalam hal ini menggunakan bantuan *software* Maxsurf Modeler 20.00.01.59. Pembuatan model dimulai dari awal yang berpatokan pada ukuran utama kapal dan disesuaikan dengan bentuk kapal sebenarnya (KM.JOKO TOLE) yang sudah disurvei. Dalam proses pembuatan model kapal ini didapatkan bentuk *lines plan* yang diinginkan dengan cara menambahkan *control point* hingga model kapal mirip dengan aslinya.



**Gambar 4.4** Tampilan Tabel Control Point Maxsurf

Dari proses tersebut selanjutnya pada menu *parametric transformation* akan disesuaikan ukuran untuk jarak station, buttock line, waterline, letak zero point dan frame of reference dari model kapal, sehingga model kapal tersebut tidak jauh berbeda dengan KM.JOKO TOLE yang sudah disurvei sebelumnya. Berikut ini merupakan model kapal wisata yang sudah dimodelkan dengan bantuan *software* Maxsurf Modeler 20.00.01.59.



**Gambar 4.5** Lines Plan KM.JOKO TOLE yang Telah Didapatkan

## 4.3 Pengolahan Data

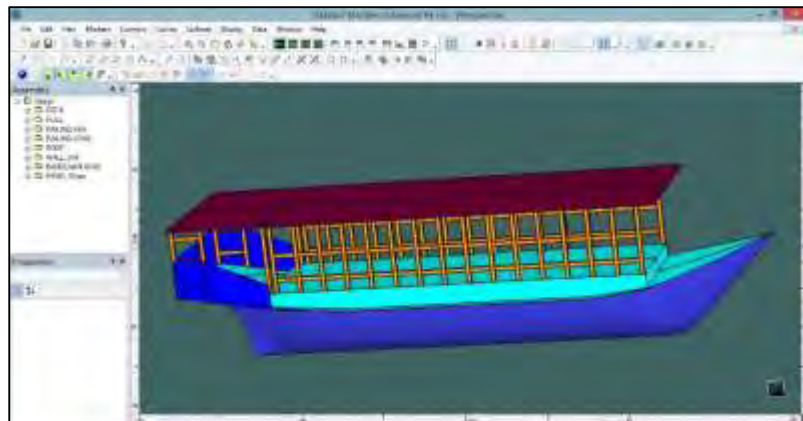
Pada Bab III sebelumnya telah disinggung bahwa pada penelitian ini hambatan yang akan diprediksi dengan bantuan *tools* CFD adalah hambatan total. Pada Bab ini akan dijelaskan

bagaimana memodelkan kapal untuk kemudian dianalisa hambatannya menggunakan metode numerik. Prosedur dan tahapan dalam menghitung hambatan kapal melalui simulasi metode numerik juga akan dijabarkan pada Bab ini. Simulasi awal ini dilakukan guna memverifikasi hambatan yang diperoleh melalui CFD.

#### 4.3.1 Tahapan *Pre Processor*

Langkah ini dilakukan sebelum melakukan perhitungan. Proses pada tahapan *pre processor* dimaksudkan untuk membuat objek beserta deskripsi karakteristiknya agar dapat dimengerti oleh *software*. Setiap keputusan desain model akan dapat berpengaruh pada hasil simulasi sehingga kesalahan modeling perlu dihindari.

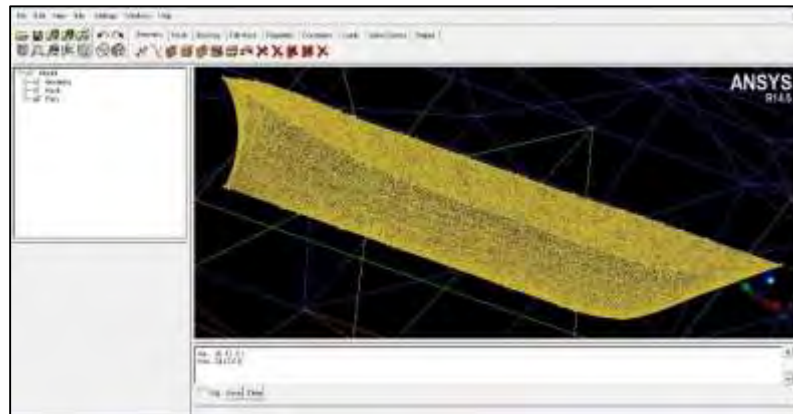
Untuk menghitung hambatan kapal dengan menggunakan batuan *tools* CFD, langkah pertama yang harus dikerjakan adalah memodelkan kapal ke dalam bentuk 3D melalui ICEM CFD. Untuk dapat memodelkan kapal ke dalam bentuk 3D, sebelumnya kita sudah harus mempunyai desain *lines plan* dari kapal tersebut. *Lines plan* dapat dibuat baik dengan menggunakan bantuan *software* Maxsurf maupun autoCAD. Model lambung kapal yang digunakan pada penelitian ini digambar menggunakan bantuan *software* Maxsurf Modeler.



**Gambar 4.6** Model Kapal yang Sudah dalam Bentuk 3D.

Setelah model kapal selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah meng-*export* file .msd (*default software* Maxsurf) ke dalam bentuk file .igs agar dapat dibaca oleh ICEM CFD untuk kemudian dilakukan pembagian elemen ke dalam bentuk yang lebih kecil (*meshing*). Meshing dilakukan dengan hanya menambahkan mesh tambahan (melakukan *merging*) di atas domain air yang sebelumnya telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan

kondisi domain fluida air agar tidak berubah. Dengan demikian jumlah elemen akan menjadi lebih besar, yang jumlahnya berasal dari jumlah tetap elemen domain air.



**Gambar 4.7** *Meshing Kapal.*

#### 4.3.2 Tahapan *flow solver*

Salah satu langkah sebelum proses running perhitungan berjalan adalah penentuan kondisi batas dari model. Mengingat kondisi domain yang kompleks dan rumit maka perlu dilakukan pemakaian fungsi atau persamaan untuk mempermudah pekerjaan. Fungsi itu disebut CCL (*CFX Expression Language*) yang mana dapat di-*recall* ketika kita memerlukannya.

UpH adalah Upstream yaitu ketinggian sarat air dari bottom pada hulu asal arah fluida bergerak, sedangkan DownH merupakan tinggi sarat dari bottom pada hilir atau disebut juga bagian *outflow*. Kondisi batas dari simulasi *free surface* terdiri dari beberapa bagian yaitu *inlet*, *outlet*, *wall* dan model (Jamalluddin dkk, 2010).

Ekspresi-ekspresi untuk *boundary* dan *initial conditions* yang didefinisikan pada CEL dapat dilihat pada Tabel di bawah berikut:

**Table 4.2** Eskpresi-ekspresi pada CEL. (CFX, 2007)

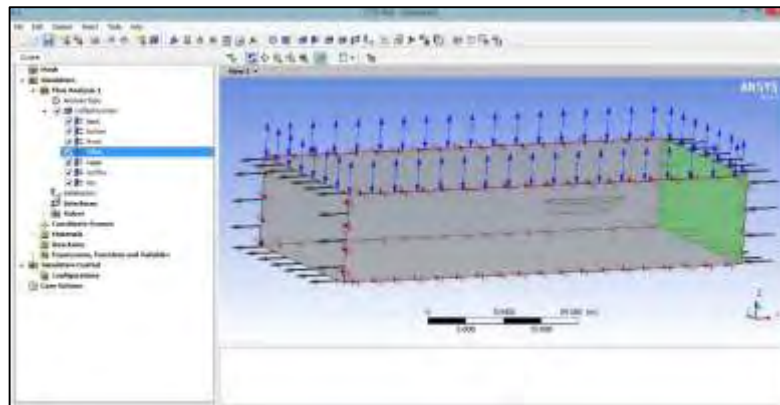
	Nama	Definisi
tinggi hulu <i>free surface</i>	UpH	5.2 [m]
tinggi hilir <i>free surface</i>	DownH	5.2 [m]
densitas air	DenWater	1000 [kg m <sup>-3</sup> ]
densitas udara	DenRef	1.185 [kg m <sup>-3</sup> ]
densitas air–densitas udara	DenH	(DenWater - DenRef)
fraksi volume udara (hulu)	UpVFAir	step((y-UpH)/1[m])
fraksi volume air (hulu)	UpVFWater	1-UpVFAir
distribusi tekanan hulu	UpPres	DenH*g*UpVFWater*(UpH-y)

fraksi volume udara (hilir)	DownVFAir	$\text{step}((y-\text{DownH})/1[\text{m}])$
fraksi volume air (hilir)	DownVFWater	$1-\text{DownVFAir}$
distribusi tekanan hilir	DownPres	$\text{DenH} * g * \text{DownVFWater} * (\text{DownH}-y)$

Kondisi batas itu sendiri dapat didefinisikan sebagai keadaan atau karakteristik dari bagian objek penelitian yang dilakukan. Seperti penentuan jenis fluida dan besar temperaturnya, penentuan metode perhitungan yang dipakai, penentuan tekanan pada dinding fluida dan lain-lain. Berikut adalah kondisi batas yang dipakai pada di dalam Tugas Akhir ini.

*a. Inflow*

Air diasumsikan bergerak sedangkan kapal diam. Hal ini cukup mewakili keadaan yang sesungguhnya yang seharusnya model lah yang bergerak. Kecepatan fluida, dalam hal ini udara dan air, bergerak dengan kecepatan sama dengan kecepatan kapal. Sesuai kecepatan pada proses *running* yaitu 10 knot. Pada tahap ini dikenal *Volume fraction*, yaitu ratio antara volume domain udara atau fluida dan volume total domain untuk menentukan kondisinya dapat dengan menggunakan CCL (CFX, 2007).

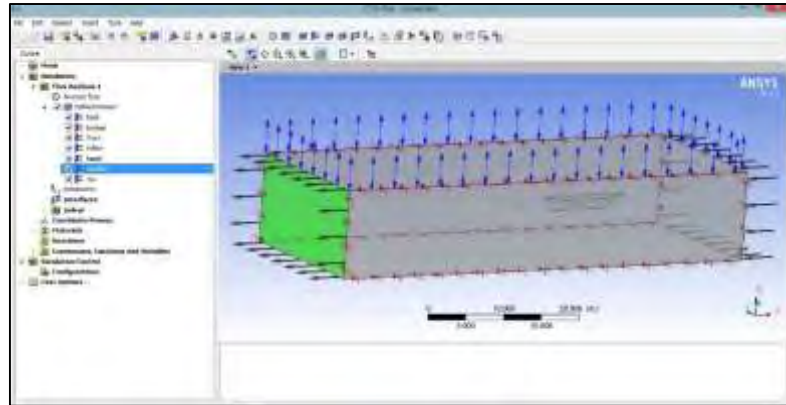


**Gambar 4.8** Batas *Inlet*

*b. Outflow*

*Outflow* adalah sisi tempat fluida keluar atau dapat juga disebut hulu pada sungai. Tekanan pada outflow dianggap statis dan merupakan fungsi 'DownPres' CCL (CFX, 2007). Jenis tekanan pada bagian domain ini menggunakan static pressure yang berarti tekanan statis krena tidak adanya tekanan yang timbul akibat gelombang yang dihasilkan oleh badan kapal.

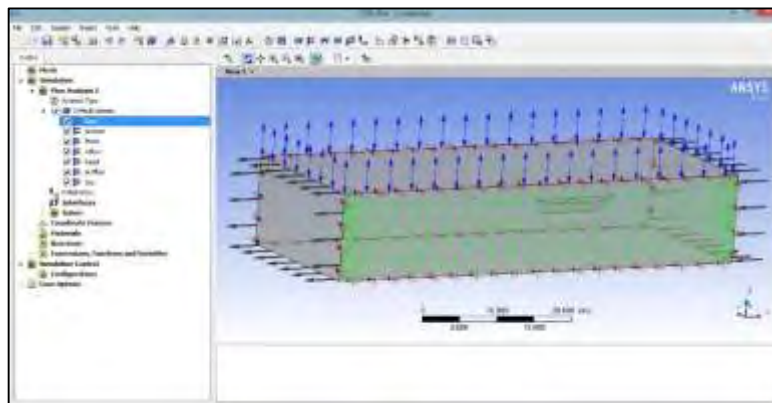




**Gambar 4.9** Batas *Outlet*

c. *Wall*

Sisi yang termasuk wall adalah sisi kanan dan kiri domain serta bottom dari box domain. Wall diasumsikan sebagai *free slip*, yaitu kondisi tanpa gesekan, dapat diartikan bahwa pada bagian ini gesekan adalah tidak ada. Pengaruh kekasaran dari dinding tidak memiliki pengaruh terhadap aliran fluida. Dalam hal ini kecepatan fluida yang mendekati dinding tidak mengalami perlambatan sehingga bagian ini tidak memiliki kekasaran. Tidak adanya pengaruh kekasaran maka domain ini tidak memiliki pengaruh tekanan. Kondisi lain yang bisa digunakan adalah Symetry, namun kondisi ini dipakai untuk mendapatkan bentuk 2 dimensi dari aliran fluida sehingga tidak dipakai (CFX, 2007).

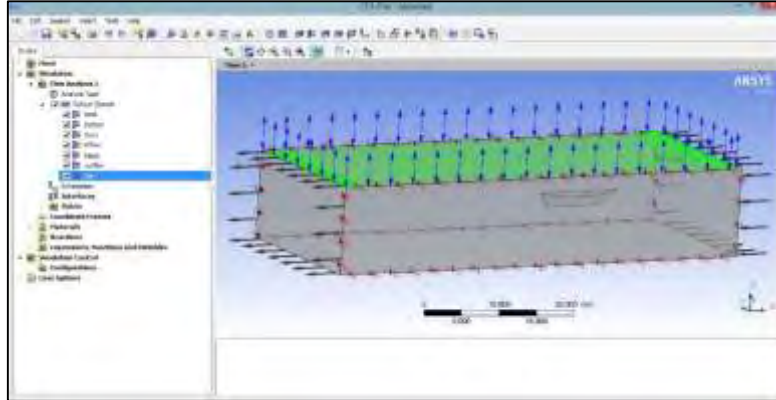


**Gambar 4.10** Batas *Wall*



d. *opening*

*Top* didefinisikan sebagai *opening* yang berarti volume udara dibagian atas terbuka. Sisi *top* tidak mengalami gaya dan tekanan Turbulensi ditempat ini adalah nol (CFX, 2007).



**Gambar 4.11** Batas *Opening*

e. Objek simulasi (*ship*)

Berbeda dengan keadaan yang diterapkan pada area dinding-dinding fluida. Permukaan kapal akan mengalami gesekan dengan fluida akibat terjadinya kontak langsung dari keduanya. Sehingga pada simulasi ini kapal dikondisikan sebagai *no slip wall* (tidak terjadi slip).

f. *Domain*

Domain dapat didefinisikan sebagai tempat atau media di mana kapal bergerak. Dalam hal ini media gerak kapal adalah air tawar dengan density 1000 kg/m<sup>3</sup> disesuaikan dengan keadaan tempat uji tarik di laboratorium *towing tank*. Morfologi yang dipakai adalah *continous fluid* yang mewakili sifat fluida pada umumnya dengan tekanan sebesar 1 atm karena kapal berada pada permukaan air. Setelah penerapan kondisi batas pada setiap bagian dari domain, langkah selanjutnya adalah pemilihan model turbulen yang digunakan dan penentuan batas kriteria konvergensi. Pemilihan model turbulen didasarkan bahwa untuk memecahkan persamaan yang mengatur fluida, domain fluida dibagi kedalam jumlah sel yang terbatas dan persamaannya dirubah kedalam bentuk aljabar melalui proses diskritisasi, dimana menggunakan metode *finite volume* (Jamaluddin, 2012).

g. Solver control

Pada tahap solver control dikenal istilah RMS (*Root Mean Square*) yang merupakan salah satu komponen dari proses konvergensi pada tahap validasi. RMS menggambarkan jumlah iterasi yang diinginkan. Jumlah iterasi tersebut dapat diungkapkan pada jumlah residual target yang ingin dicapai, yaitu tingkat kesalahan yang mungkin terjadi selama

iterasi. Apabila nilainya diperkecil akan berakibat pada semakin akurat nilai dari hasil yang akan dikeluarkan.

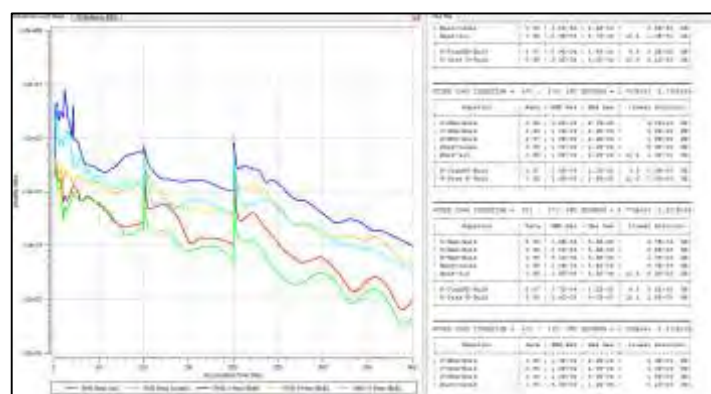
Pada simulasi Tugas Akhir ini dipakai *residual target* value  $1\text{E}-04$  yang berarti tingkat penyimpangan pencapaian hasil akan sangat kecil. Nilai ini merupakan nilai konvergensi terbaik dan telah banyak digunakan pada berbagai perhitungan aplikasi teknik (CFX, 2007). Meskipun sebenarnya residual target untuk tahap konvergensi cukup sampai  $1\text{E}-04$ .

#### h. Initialisation

*Initialisation* merupakan gambaran dari kondisi fluida yang mencakup kecepatan, tekanan dan jenis aliran. Fluida dianggap bergerak hanya pada satu arah yaitu berlawanan dengan arah hadap kapal pada sumbu x atau sumbu u, pada sumbu u diisikannilai kecepatankapal sedangkan kecepatan pada sumbu lain dianggap nol.

### 4.3.3 Tahap solver

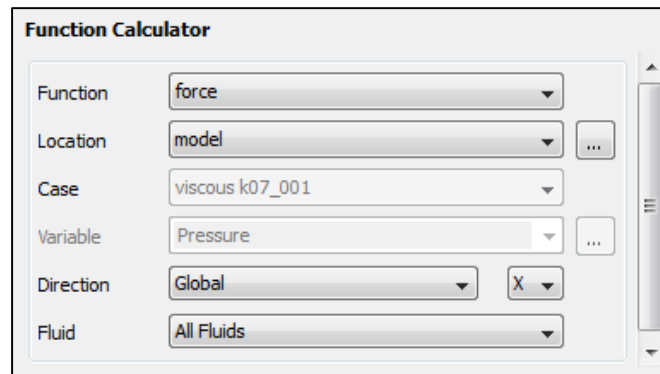
Setelah file def sebagai input untuk proses *running* dibuat, maka proses selanjutnya adalah *running* pada tahap Solver. Dengan iterasi yang sudah ditentukan pada tahap sebelumnya, pada proses ini langkah adaptasi (*adaption step*) pertama dilakukan. Informasi yang ditulis ke file out meliputi jumlah elemen yang telah dihaluskan dan ukuran *mesh* baru. Proses *running* ini digambarkan dengan sebuah grafik, dengan sumbu x menunjukkan *acumulated time step* sesuai dengan nilai iterasi yang kita masukkan dan sumbu y menunjukkan *variable value* (nilai konvergensi) dengan nilai 1 sampai  $10^{-6}$  yang ditentukan pada saat tahap pre-processor ditentukan batas *variable value* adalah  $10^{-4}$ . Di bawah ini merupakan gambar grafik proses *running*.



**Gambar 4.12** Contoh Grafik Proses *Running* pada Tahapan *Solver*

#### 4.3.4 Tahap *Post Processor*

Tahap berikutnya setelah model selesai di-*running* adalah tahap *Post Processor*. Pada tahap ini hambatan yang ingin diketahui pada masing-masing kecepatan dapat diketahui. Bukalah hasil proses *running* yang sudah selesai melalui CFD Post, kemudian pilih tab “Calculators” diikuti dengan “Function Calculator”. Pada fitur “Function Calculator” hambatan yang terjadi pada model dapat diketahui baik hambatan pada arah X, Y, maupun dari arah Z.



**Gambar 4.13** Fitur "*Function Calculator*"

#### 4.3.5 Proses validasi

Sebelum melakukan simulasi untuk objek yang sebenarnya, dalam hal ini *trimaran* dengan semua kondisi batasnya, diperlukan tahap validasi hasil untuk memastikan bahwa metode yang akan digunakan adalah benar, misalnya untuk menjamin ketepatan jumlah grid dan elemen. Sehingga dapat menghindari kesalahan hasil pada saat simulasi objek penelitian yang sebenarnya. Proses validasi dapat dilakukan pada salah satu varian penelitian dengan salah satu objek yang dipakai. Adapun tahap validasi terdiri dari 3 macam (AIAA, 2000), yaitu:

##### 1. *Convergence*

Pada tahap ini proses iterasi perhitungan akan selalu dikontrol dengan persamaan pengendali. Jika hasil perhitungan belum sesuai dengan tingkat kesalahan yang ditentukan, maka komputasi akan terus berjalan.

##### 2. *Grid Independence*

Pada tahap meshing telah dilakukan proses penerjemahan dari model ke dalam sejumlah elemen. Besarnya jumlah *cell* atau elemen yang digunakan dalam perhitungan akan menentukan keakuratan hasil yang didapat karena jumlah elemen juga dapat mempengaruhi perubahan bentuk geometri pada saat dilakukan *defineite*.

### 3. Validasi Metode Lain

Pada tahap ini hasil dari *running* akan dibandingkan dengan hasil dari penelitian atau percobaan lainnya. Dengan *margin* antara hasil CFD dan metode lain sebesar 2% sehingga hasil dari analisa *numeric* dari CFD bias dipakai.

**Table 4.3** Hasil *Running* CFX yang divalidasi dengan *Grid Independence*

Meshing	Rt (N)	Rt (kN)	Selisih
50679	20848,3	20,8483	33,54%
103296	13856,6	13,8566	
199663	13790	13,79	0,48%
403901	13639,9	13,6399	1,09%
805930	13062,3	13,0623	4,23%

Sedangkan hambatan yang dihitung dengan menggunakan bantuan *software* Maxsurf Resistance hasilnya sebagai berikut:

**Table 4.4** Hambatan yang Dihasilkan dengan Bantuan *Software* Maxsurf Resistance.

Speed (kn)	Fn Lwl	Fn Vol	Resistance (kN)	Power (kW)
5	0,259	0,561	0,7	3,148
6	0,31	0,673	1,6	8,132
7	0,362	0,786	3,5	21,285
8	0,414	0,898	4,9	33,308
9	0,466	1,01	7,8	60,538
10	0,517	1,122	10,9	93,123

Hasil simulasi CFD-Ansys CFX dan eksperimen (*towing tank*) menunjukkan perbedaan nilai komponen hambatan yang relatif kecil, rata-rata 3%. Sedangkan perbedaan hasil komputasi Maxsurf dan eksperimen (*towing tank*) menunjukkan perbedaan yang signifikan yakni sekitar 25%. Hal tersebut disebabkan karena ada beberapa komponen yang tidak diperhitungkan untuk menghitung hambatan. (Jamaluddin, 2012)

## 4.4 Analisa Data

Pada tahapan ini data-data dari hasil pengolahan digunakan untuk menganalisa karakteristik stabilitas yang dipengaruhi oleh *repowering* kapal, sehingga bisa dipastikan bahwa kapal dapat beroperasi dengan aman dan nyaman ketika menggunakan system motor penggerak listrik dengan

seperangkat panel suryanya. Kapal dapat diasumsikan aman jika telah memenuhi kriteria yang disyaratkan.

#### 4.4.1 Perhitungan power

Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung power adalah:

**Table 4.5** Data Input Perhitungan Power

No	Keterangan		Nilai	Satuan
1	Lpp	=	12.00	m
2	Lwl	=	10.08	m
3	B	=	2.80	m
4	T	=	0.80	m
5	Hambatan Total (RT)	=	13.79	kN
6	Diameter Propeller (D)	=	0.27	m
7	WSA	=	26.48	m <sup>2</sup>
8	Block Coefficient (Cb)	=	0.525	
9	Midship Coefficient (Cm)	=	0.626	
10	Prismatic Coefficient (Cp)	=	0.838	
11	LCB	=	5.871	m
12	1 + k	=	1.583	
13	Cv	=	0.0036	

- Perhitungan Effectif Power

PE adalah daya yang digunakan dalam mengatasi hambatan terhadap gerakan pada kecepatan tertentu.

$$PE = RT \cdot V_s$$

Dimana:

RT = hambatan total [kN]

Vs = kecepatan kapal (10 knot = 5.14 m/s)

Jadi nilai dari PE = 13.79 x 5.14 = 70.936 [kW]

- Perhitungan Thrust Power

PT adalah daya yang digunakan untuk mendorong kapal dengan *advance speed*

$$PT = T \cdot V_a$$

Dimana:

Va = speed of advance = Vs (1 - w)

w = wake fraction (perbedaan ratio antara Vs dan Va pada kecepatan kapal)

$$w = 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.23 D /$$

$$w = 0.1099$$

$$V_a = 4.57 \text{ m/s}$$

$T = \text{Thrust force [kN]}$

$$T = RT$$

$t = \text{thrust deduction fraction (perbedaan ratio antara PE dan PT)}$

$$t = 0.375 C_b - 0.1885 D /$$

$$t = 0.163$$

$$T = 16.473$$

$$\text{Jadi nilai dari } PT = 16.473 \times 4.57 = 75.417 \text{ [kW]}$$

- Perhitungan Delivery Power

$$PD = PT / \eta_H$$

$\eta_H = \text{effisiensi lambung}$

$$\eta_H = PE / PT$$

$$\eta_H = 0.941$$

$$\text{Jadi nilai dari } PD = 75.417 \times 0.941 = 80.181 \text{ [kW]}$$

- Perhitungan Shaft Power

$$PS = PD / \eta_S \cdot \eta_N$$

$\eta_S \cdot \eta_N = \text{efisiensi letak kamar mesin}$

$$\eta_S \cdot \eta_N = 0.98 \text{ (kamar mesin dibelakang)'}$$

$$PS = 80.181 / 0.98 = 81.817 \text{ [kW]}$$

- Perhitungan Break Power

$$PB = PS / \eta_T$$

$\eta_T = \text{efisiensi transmisi}$

$$\eta_T = \prod (1 - l_i)$$

$$l_i = 0.010 \text{ for each gear reduction}$$

$$l_i = 0.005 \text{ for the thrust bearing}$$

$$l_i = 0.010 \text{ for a reversing gear path}$$

$$\eta_T = (1 - 0.010) \times (1 - 0.005) \times (1 - 0.010)$$

$$\eta_T = 0.975$$

$$PB = 81.817 / 0.975 = 83.899 \text{ [kW]}$$

$$= 114.069 \text{ [HP]}$$

#### 4.4.2 Penentuan Motor Listrik

Untuk pemilihan motor listrik maka yang harus dilakukan yaitu mencari spesifikasi daya yang sesuai dengan perhitungan power di atas sebesar 114.069 HP maka didapat data motor listrik seperti di bawah ini:

**Table 4.6** Electric Inboard Motor Specification ELCO EP-10000

<b>MOTOR PERFORMANCE</b>	
Suggested horsepower replacement range	75 - 125 h.p.
Peak h.p.	99.932 h.p.
Continuous h.p.	57.784 h.p.
Miles per gallon equivalency	12 mpg
Length	35"
Width	18.82"
Height	19.25"
Weight	740 lbs
<b>E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE</b>	
Cruising speed*	7 - 9 knots
Cruising time*	6 - 2 hours
Cruising range*	34 - 18 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	12 batteries
Battery bank voltage in total	144 vdc
Amps (maximum)	295 amps
Horsepower (peak output h.p. rating)	99.932 h.p.
Horsepower (continuous output h.p. rating)	57.784 h.p.
Charger	Elcon PFC5000
Quick charger (optional)	Elcon PFC8000

(Elco Electric Propulsion, 2015)

Mengacu pada data yang diperoleh dari pemilihan motor pendorong, maka keperluan daya yang harus bias dipersiapkan untuk kebutuhan motor adalah 83.899 kW.

Untuk menggerakkan motor listrik perlu membutuhkan baterai atau aki kering sebagai penyimpan sumber energy yang didapat dari solar panel. Pada Tabel 4.5 tertera bahwa motor listrik membutuhkan 144 Volt dan maksimal 295 Ampere dengan jumlah baterai 12 (*marine battery*) masing-masing baterai berkapasitas 12 Volt. Untuk jenis motor listrik ini tersedia satu paket dengan system rangkaian baterai dan charger, jadi tidak perlu melakukan perhitungan dalam menentukan jumlah kebutuhan baterainya.

#### 4.4.3 Perancangan Panel Surya

Daya yang dihasilkan oleh panel surya digunakan sebagai sumber tenaga listrik untuk menggerakkan motor. Modul surya ini akan digunakan selama 6 jam pada siang hari antara

pukul (09.00-15.00). Dari kebutuhan daya yang ada untuk menggerakkan motor maka dapat ditentukan banyaknya sel surya yang harus dipasang di kapal.

Dari data kapal yang telah disurvei dapat ditentukan luasan atap yang bias digunakan untuk menaruh modul panel surya:

$$\text{Luas atap belakang} = 3,4 \times 2,1 = 7,14 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas atap tengah} = 3,4 \times 8 = 27,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Total luas atap} = 7,14 + 27,2 = 34,34 \text{ m}^2$$

Pengukuran intensitas matahari setempat atau daerah operasi harus diperhitungkan. Hal ini intensitas matahari disamakan dengan rata-rata intensitas matahari yang ada di Indonesia.

$$\text{Jumlah intensitas rata-rata} = 4800 \text{ Wh/m}^2$$

$$\text{Jumlah percobaan} = 6 \text{ jam}$$

$$\text{Intensitas matahari} = \text{intensitas rata-rata} / \text{jumlah percobaan}$$

$$\text{Intensitas matahari} = 4800 / 6 = 800 \text{ watt/m}^2$$

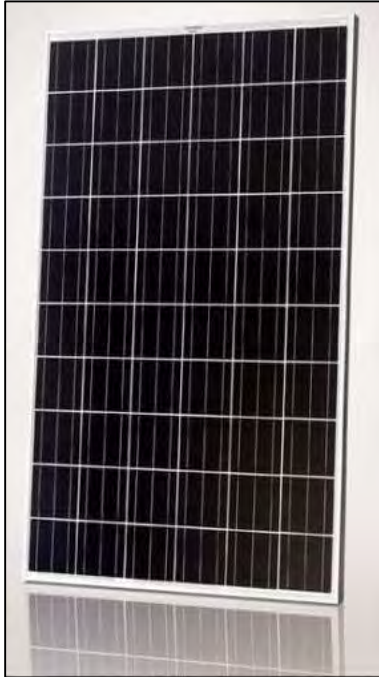
Dari perhitungan di atas dapat diketahui daya yang diserap oleh modul surya maksimal adalah  $800 \text{ watt/m}^2$ . Untuk modul panel surya QCELLS dengan type Q.PRO-G2 250 dapat dihitung banyaknya modul yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

**Table 4.7** Spesifikasi Teknis QCELLS type Q.PRO-G2 250

MECHANICAL SPECIFICATION			
Format	1670 mm x 1000 mm x 50 mm (including frame)		
Weight	19.8 kg		
Front Cover	3.2 mm thermally pre-stressed glass with antireflection technology		
Back Cover	Composite film		
Frame	Anodized aluminium		
Cell	6 x 10 polycrystalline solar cells		
Junction Box	116 mm x 153 mm x 20 mm Protection class IP68, with bypass diodes		
Cable	4 mm2 solar cable; (+) 1210 mm, (-) 1210 mm		
Connector	Yamaichi Y-SOL4, IP68		
ELECTRICAL CHARACTERISTICS			
Average Power	P <sub>MPP</sub>	[W]	252.5
Short Circuit Current	I <sub>SC</sub>	[A]	8.94
Open Circuit Voltage	P <sub>DC</sub>	[V]	37.78
Current at P <sub>MPP</sub>	I <sub>MPP</sub>	[A]	8.45
Voltage at P <sub>MPP</sub>	V <sub>MPP</sub>	[V]	29.89
Efficiency		[%]	>= 15.3

(Q Cells Engineered in Germany, 2015)





(Q Cells Engineered in Germany, 2015)

**Gambar 4.14** Modul Panel Surya Q.PRO-G2 250

Dimensi:

$$P = 1,67 \text{ m}$$

$$L = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 1,67 \text{ m}^2$$

Dengan efisiensi modul = 15,3%

$$W_{\text{input}} = 800 \text{ watt/m}^2$$

$$\text{Efisiensi} = (W_{\text{output}} / W_{\text{input}}) \times A_{\text{modul}}$$

$$15,3\% = (W_{\text{output}} / 800) \times 1,67$$

$$W_{\text{output}} = 73,293 \text{ watt}$$

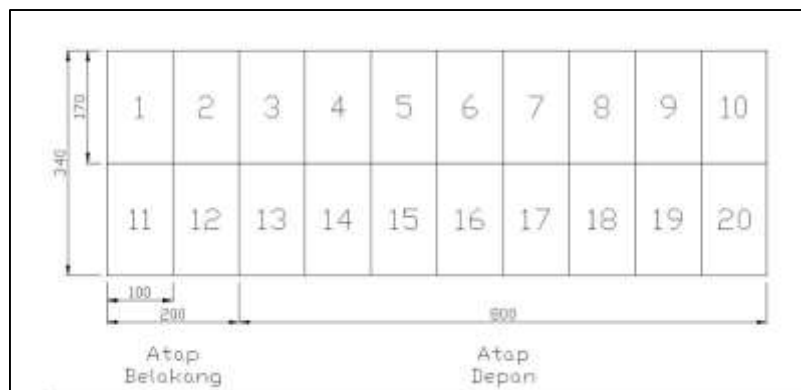
Sehingga  $W_{\text{output}}$  rata-rata pada modul = 73,293 watt

Dari perhitungan di atas maka dapat dihitung jumlah modul yang dapat dipasang pada kapal dengan cara sebagai berikut:

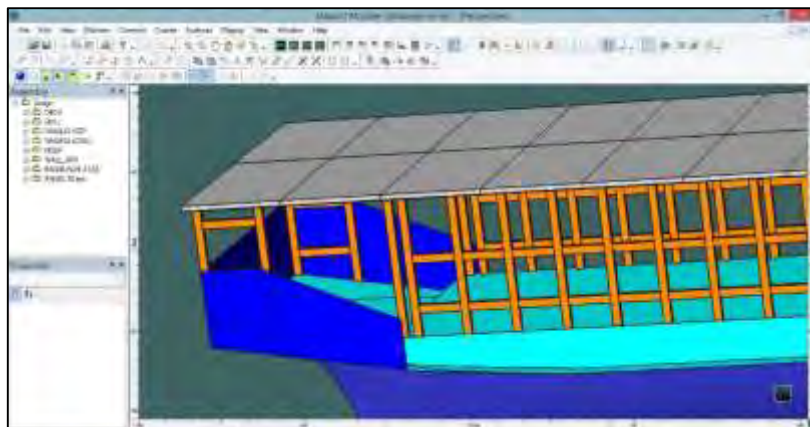
$$\text{Jumlah modul} = A_{\text{atap}} / A_{\text{modul}}$$

$$= 34,34 / 1,67 = 20,563$$

Jumlah modul = 20 buah



**Gambar 4.15** Skema Peletakan Panel Surya.



**Gambar 4.16** Modul Panel Surya dalam Gambar 3D Model Kapal.

Jumlah modul panel surya yang dapat dipasang di atap kapal sebanyak 20 buah. Setelah diketahui jumlah modulnya, maka akan dihitung besarnya daya yang akan dihasilkan oleh sel surya tersebut dengan rata-rata intensitas matahari di Indonesia adalah:

Daya modul = 73,293 watt

Jumlah modul = 20 buah

Daya total = daya modul x jumlah modul

$$= 73,293 \times 20$$

$$= 1465,868 \text{ watt}$$

Sehingga dapat diketahui dengan luasan atap yang ada pada kapal, modul panel surya yang bisa terpasang ada 20 buah dengan total daya yang dihasilkan sebanyak 1465,868 watt.

Sedangkan dilihat dari segi factor kebutuhan, untuk memenuhi daya motor listrik sebanyak 83.899 kW maka dibutuhkan panel surya sebanyak:

Jumlah panel surya = kebutuhan daya motor / Watt Peak / Lama Terik Matahari)

$$= 83899 \text{ W} / 250 \text{ WP} / 6 \text{ jam}$$

$$= 55,93$$

$$= 56 \text{ buah panel surya}$$

#### 4.4.4 Stabilitas Kapal

Untuk mengetahui bahwa stabilitas kapal dalam kondisi baik maka Stabilitas Kapal harus memenuhi persyaratan dari IMO (*International Maritime Organization*) yang mensyaratkan beberapa kondisi oleng (miring) beberapa derajat. IMO dalam regulasi yang dituangkan dalam IMO regulation A. 749 (18) memberikan kriteria stabilitas yang berlaku untuk seluruh jenis kapal, yaitu:

1.  $e0.30 \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$

2.  $e0.40 \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ > 0.09 \text{ m. rad}$

3.  $e30,40 \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ - 40^\circ > 0.03 \text{ m.}$

4.  $h30 \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

5.  $h_{\max} \text{ pada } f_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum sebaiknya pada sudut oleng lebih dari  $30^\circ$  dan tidak boleh kurang dari  $25^\circ$

6.  $GM0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi Metasentra awal  $GM0$  tidak boleh kurang dari 0.15 m.

Apabila kriteria tersebut salah satu tidak dipenuhi, maka dapat dipastikan bahwa stabilitas kapal buruk. Proses perhitungan stabilitas kali ini dibantu dengan menggunakan *software* Maxsurf Stability. Adapun perhitungan dalam *software* ini disajikan dalam bentuk table seperti berikut :

##### 4.4.4.1 Analisa stabilitas tanpa perangkat panel surya

**Table 4.8** Stabilitas dengan Heal Angle  $-30^\circ$  sampai  $20^\circ$  (tanpa perangkat panel surya)

Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0
GZ m	-0,389	-0,268	-0,131	0,000	0,131	0,268
Area under GZ curve from zero heel m.deg	5,9460	2,6460	0,6468	0,0000	0,6482	2,6405
Displacement t	7,953	7,954	7,954	7,955	7,953	7,954
Draft at FP m	0,460	0,535	0,577	0,591	0,577	0,535
Draft at AP m	0,685	0,739	0,778	0,790	0,778	0,739
WL Length m	9,728	9,820	9,879	9,898	9,879	9,820
Beam max extents on WL m	2,131	2,311	2,238	2,215	2,238	2,311
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,168	23,735	23,368	23,253	23,367	23,735
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	17,549	19,456	18,818	18,615	18,818	19,456
Prismatic coeff. (Cp)	0,793	0,780	0,780	0,781	0,780	0,780
Block coeff. (Cb)	0,612	0,504	0,468	0,458	0,468	0,504
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,607	5,608	5,608	5,609	5,609	5,608

LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,792	5,747	5,759	5,763	5,759	5,747
Max deck inclination deg	30,0130	20,0200	10,0438	0,9510	10,0438	20,0200
Trim angle (+ve by stern) deg	1,0726	0,9727	0,9568	0,9510	0,9562	0,9720

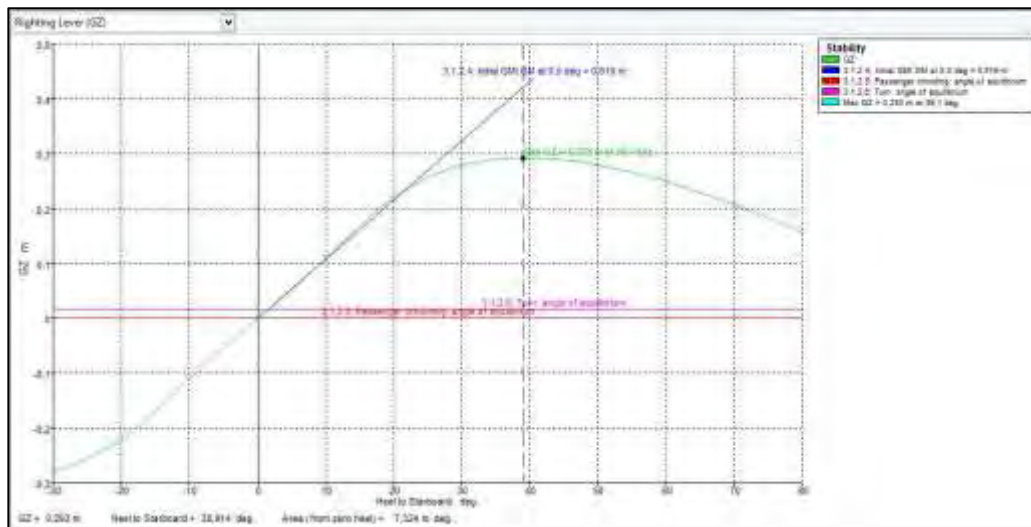
**Table 4.9** Stabilitas dengan Heal Angle 30<sup>0</sup> sampai 80<sup>0</sup> (tanpa perangkat panel surya).

Heel to Starboard deg	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
GZ m	0,389	0,447	0,464	0,452	0,420	0,370
Area under GZ curve from zero heel m.deg	5,9663	10,1981	14,7795	19,3814	23,7609	27,7210
Displacement t	7,954	7,954	7,954	7,954	7,954	7,954
Draft at FP m	0,460	0,370	0,252	0,071	-0,279	-1,339
Draft at AP m	0,685	0,639	0,592	0,536	0,449	0,242
WL Length m	9,728	10,545	10,564	10,669	10,880	11,151
Beam max extents on WL m	2,131	1,906	1,690	1,552	1,420	1,447
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,169	26,205	26,897	27,405	27,761	27,979
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	17,549	15,475	14,139	13,314	12,823	12,343
Prismatic coeff. (Cp)	0,794	0,740	0,746	0,746	0,738	0,726
Block coeff. (Cb)	0,612	0,616	0,625	0,574	0,511	0,420
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,607	5,606	5,604	5,602	5,600	5,597
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,792	5,790	5,785	5,775	5,743	5,676
Max deck inclination deg	30,0130	40,0100	50,0080	60,0062	70,0045	80,0026
Trim angle (+ve by stern) deg	1,0713	1,2827	1,6227	2,2195	3,4728	7,5068

**Table 4.10** Titik Berat dan Momen Kapal Tanpa Perangkat Panel Surya.

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Berat Kontruksi	1	7,434	7,434	5,871	0,000	0,503	0,000
Mesin	1	0,370	0,370	2,240	0,000	0,500	0,000
Baterai	0	0,966	0,000	10,000	0,000	0,500	0,000
Panel Surya	0	0,020	0,000	5,000	0,000	3,118	0,000
Crew	2	0,075	0,150	1,000	0,000	1,600	0,000
Passanger	0	0,075	0,000	5,900	0,000	1,600	0,000
Total Loadcase			7,954	5,610	0,000	0,524	0,000
FS correction						0,000	
VCG fluid						0,524	

Dari *input* data table 4.8-4.9 maka analisa stabilitas pada *software* Maxsurf Stability dapat dijalankan, sehingga menghasilkan grafik stabilitas seperti di bawah ini:



**Gambar 4.17** Grafik Stabilitas Kondisi Kapal Tanpa Perangkat Panel Surya.

#### 4.4.4.2 Analisa stabilitas dengan 10 penumpang

**Table 4.11** Stabilitas dengan Heal Angle -30<sup>0</sup> sampai 20<sup>0</sup> (10 penumpang)

Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0
GZ m	-0,271	-0,215	-0,106	0,000	0,106	0,215
Area under GZ curve from zero heel m.deg	4,6080	2,1464	0,5193	0,0000	0,5200	2,1436
Displacement t	10,07	10,07	10,07	10,07	10,07	10,07
Draft at FP m	0,787	0,808	0,842	0,853	0,842	0,808
Draft at AP m	0,644	0,694	0,734	0,747	0,734	0,694
WL Length m	9,990	10,031	10,082	10,099	10,082	10,031
Beam max extents on WL m	1,970	2,342	2,375	2,351	2,375	2,342
Wetted Area m <sup>2</sup>	28,848	26,933	26,049	25,936	26,049	26,932
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	16,960	19,980	20,487	20,273	20,487	19,980
Prismatic coeff. (Cp)	0,813	0,804	0,802	0,802	0,802	0,804
Block coeff. (Cb)	0,693	0,564	0,508	0,498	0,508	0,564
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,995	5,993	5,993	5,992	5,993	5,993
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,869	5,892	5,936	5,939	5,936	5,892
Max deck inclination deg	30,0052	20,0063	10,0126	0,5046	10,0126	20,0063
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6800	-0,5454	-0,5124	-0,5046	-0,5124	-0,5453

**Table 4.12** Stabilitas dengan Heal Angle 30<sup>0</sup> sampai 80<sup>0</sup> (10 penumpang)

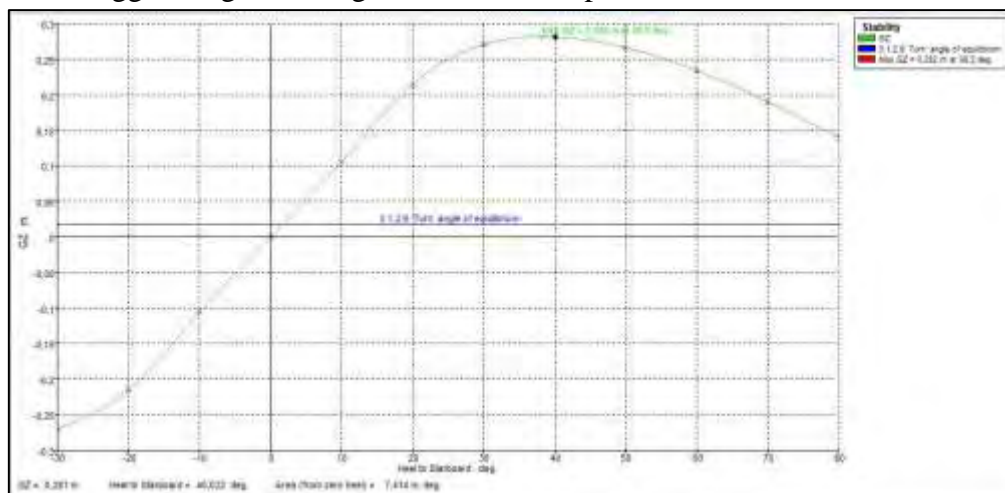
Heel to Starboard deg	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
GZ m	0,271	0,281	0,266	0,234	0,190	0,140
Area under GZ curve from zero heel m.deg	4,6185	7,4074	10,1622	12,6732	14,8004	16,4529
Displacement t	10,07	10,07	10,07	10,07	10,07	10,07
Draft at FP m	0,786	0,773	0,764	0,753	0,733	0,670
Draft at AP m	0,645	0,600	0,553	0,495	0,402	0,166
WL Length m	9,989	10,875	10,963	11,130	11,364	11,650
Beam max extents on WL m	1,971	1,673	1,504	1,407	1,359	1,404
Wetted Area m <sup>2</sup>	28,848	29,943	30,695	31,249	31,675	32,050
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	16,960	15,043	13,850	13,153	12,842	12,875
Prismatic coeff. (Cp)	0,813	0,754	0,756	0,756	0,752	0,748

Block coeff. (Cb)	0,693	0,718	0,717	0,656	0,567	0,476
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,993	5,994	5,995	5,995	5,995	5,994
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,869	5,874	5,882	5,892	5,898	5,898
Max deck inclination deg	30,0052	40,0042	50,0031	60,0019	70,0009	80,0003
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6741	-0,8278	-1,0062	-1,2326	-1,5794	-2,4037

**Table 4.13** Titik Berat dan Momen 10 Penumpang

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Berat Kontruksi	1	7,434	7,434	5,871	0,000	0,503	0,000
Mesin	1	0,370	0,370	1,200	0,000	0,500	0,000
Baterai	12	0,081	0,966	10,000	0,000	0,500	0,000
Panel Surya	20	0,020	0,400	5,000	0,000	3,118	0,000
Crew	2	0,075	0,150	1,000	0,000	1,800	0,000
Passanger	10	0,075	0,750	5,900	0,000	1,800	0,000
Total Loadcase			10,070	5,990	0,000	0,722	0,000
FS correction						0,000	
VCG fluid						0,722	

Dari *input* data table 4.11-4.13 maka analisa stabilitas pada *software* Maxsurf Stability dapat dijalankan, sehingga menghasilkan grafik stabilitas seperti di bawah ini:



**Gambar 4.18** Grafik Stabilitas Kondisi Kapal dengan 10 Penumpang

#### 4.4.4.3 Analisa stabilitas dengan 5 penumpang

**Table 4.14** Stabilitas dengan Heal Angle -30<sup>0</sup> sampai 20<sup>0</sup> (5 penumpang)

Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0
GZ m	-0,296	-0,228	-0,112	0,000	0,112	0,228
Area under GZ curve from zero heel m.deg	4,9147	2,2642	0,5468	0,0000	0,5476	2,2610
Displacement t	9,696	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695
Draft at FP m	0,760	0,788	0,824	0,835	0,824	0,788
Draft at AP m	0,621	0,675	0,715	0,728	0,715	0,675
WL Length m	9,955	10,003	10,056	10,073	10,056	10,003
Beam max extents on WL m	1,998	2,348	2,350	2,326	2,350	2,348
Wetted Area m <sup>2</sup>	28,175	26,287	25,591	25,479	25,592	26,287
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	17,099	20,091	20,213	20,001	20,213	20,091

Prismatic coeff. (Cp)	0,812	0,803	0,801	0,802	0,801	0,803
Block coeff. (Cb)	0,680	0,557	0,507	0,497	0,507	0,557
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,997	5,996	5,996	5,996	5,996	5,996
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,869	5,899	5,938	5,941	5,938	5,899
Max deck inclination deg	30,0050	20,0062	10,0129	0,5105	10,0129	20,0062
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6666	-0,5432	-0,5183	-0,5105	-0,5183	-0,5432

**Table 4.15** Stabilitas dengan Heal Angle 30<sup>0</sup> sampai 80<sup>0</sup> (5 penumpang)

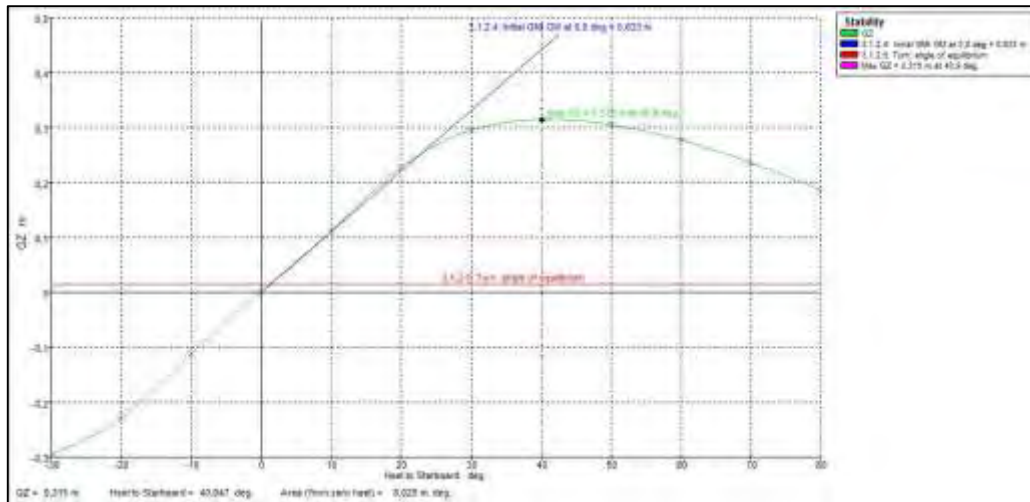
Heel to Starboard deg	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
GZ m	0,296	0,315	0,306	0,278	0,236	0,187
Area under GZ curve from zero heel m.deg	4,9268	8,0132	11,1358	14,0653	16,6434	18,7624
Displacement t	9,695	9,695	9,695	9,696	9,695	9,695
Draft at FP m	0,760	0,741	0,722	0,697	0,649	0,506
Draft at AP m	0,621	0,569	0,513	0,440	0,319	0,004
WL Length m	9,955	10,845	10,925	11,088	11,321	11,607
Beam max extents on WL m	1,999	1,698	1,524	1,424	1,384	1,468
Wetted Area m <sup>2</sup>	28,174	29,262	30,002	30,550	30,960	31,328
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	17,100	15,157	13,944	13,228	12,903	12,914
Prismatic coeff. (Cp)	0,812	0,752	0,755	0,754	0,751	0,746
Block coeff. (Cb)	0,680	0,706	0,706	0,645	0,552	0,451
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,997	5,998	5,998	5,999	5,998	5,998
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,869	5,872	5,878	5,886	5,892	5,894
Max deck inclination deg	30,0050	40,0041	50,0030	60,0019	70,0009	80,0003
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6661	-0,8192	-0,9977	-1,2257	-1,5740	-2,3953

**Table 4.16** Titik Berat dan Momen 5 Penumpang

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Berat Kontruksi	1	7,434	7,434	5,871	0,000	0,503	0,000
Mesin	1	0,370	0,370	1,200	0,000	0,500	0,000
Baterai	1	0,966	0,966	10,000	0,000	0,500	0,000
Panel Surya	20	0,020	0,400	5,000	0,000	3,118	0,000
Crew	2	0,075	0,150	1,000	0,000	1,800	0,000
Passanger	5	0,075	0,375	5,900	0,000	1,800	0,000
Total Loadcase			9,695	5,994	0,000	0,681	0,000
FS correction						0,000	
VCG fluid						0,681	



Dari *input* data table 4.14-4.16 maka analisa stabilitas pada *software* Maxsurf Stability dapat dijalankan, sehingga menghasilkan grafik stabilitas seperti di bawah ini:



**Gambar 4.19** Grafik Stabilitas Kondisi Kapal dengan 5 Penumpang

#### 4.4.4.4 Analisa stabilitas dengan 0 penumpang

**Table 4.17** Stabilitas dengan Heal Angle  $-30^0$  sampai  $20^0$  (0 penumpang)

Heel to Starboard deg	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0
GZ m	-0,322	-0,241	-0,118	0,000	0,118	0,241
Area under GZ curve from zero heel m.deg	5,2365	2,3897	0,5776	0,0000	0,5785	2,3860
Displacement t	9,320	9,320	9,320	9,320	9,320	9,320
Draft at FP m	0,735	0,769	0,805	0,817	0,806	0,769
Draft at AP m	0,597	0,655	0,697	0,709	0,696	0,655
WL Length m	9,922	9,976	10,030	10,047	10,030	9,976
Beam max extents on WL m	2,020	2,351	2,323	2,299	2,323	2,351
Wetted Area m^2	27,506	25,657	25,126	25,013	25,126	25,657
Waterpl. Area m^2	17,228	20,171	19,931	19,721	19,931	20,171
Prismatic coeff. (Cp)	0,811	0,801	0,802	0,802	0,801	0,801
Block coeff. (Cb)	0,670	0,550	0,506	0,495	0,506	0,550
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,000	6,000	5,998	5,999	6,000	5,999
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,869	5,906	5,939	5,942	5,939	5,906
Max deck inclination deg	30,0049	20,0062	10,0128	0,5163	10,0132	20,0062
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6582	-0,5423	-0,5175	-0,5163	-0,5242	-0,5420

**Table 4.18** Stabilitas dengan Heal Angle 30<sup>0</sup> sampai 80<sup>0</sup> (0 penumpang)

Heel to Starboard deg	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
GZ m	0,322	0,351	0,348	0,325	0,286	0,238
Area under GZ curve from zero heel m.deg	5,2506	8,6520	12,1672	15,5455	18,6093	21,2323
Displacement t	9,320	9,320	9,320	9,321	9,320	9,320
Draft at FP m	0,735	0,709	0,680	0,641	0,566	0,342
Draft at AP m	0,597	0,539	0,473	0,386	0,238	-0,159
WL Length m	9,922	10,815	10,889	11,045	11,278	11,563
Beam max extents on WL m	2,020	1,723	1,544	1,440	1,414	1,409
Wetted Area m^2	27,506	28,582	29,315	29,859	30,261	30,580
Waterpl. Area m^2	17,228	15,261	14,029	13,295	12,954	12,868
Prismatic coeff. (Cp)	0,811	0,750	0,753	0,753	0,749	0,745
Block coeff. (Cb)	0,670	0,694	0,695	0,634	0,536	0,464
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	6,000	6,001	6,002	6,002	6,002	6,002

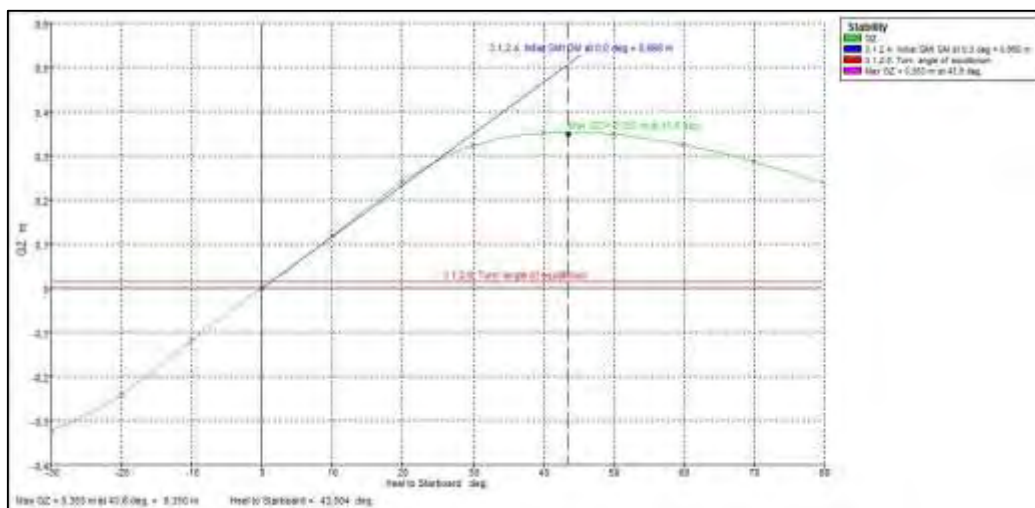


LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,869	5,871	5,875	5,881	5,886	5,913
Max deck inclination deg	30,0049	40,0040	50,0030	60,0019	70,0009	80,0003
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6581	-0,8101	-0,9881	-1,2168	-1,5650	-2,3930

**Table 4.19** Titik Berat dan Momen 0 Penumpang

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m
Berat Kontruksi	1	7,434	7,434	5,871	0,000	0,503	0,000
Mesin	1	0,370	0,370	1,200	0,000	0,500	0,000
Baterai	1	0,966	0,966	10,000	0,000	0,500	0,000
Panel Surya	20	0,020	0,400	5,000	0,000	3,118	0,000
Crew	2	0,075	0,150	1,000	0,000	1,800	0,000
Passanger	0	0,075	0,000	5,900	0,000	1,800	0,000
Total Loadcase			9,320	5,998	0,000	0,636	0,000
FS correction						0,000	
VCG fluid						0,636	

Dari *input* data table 4.17-4.19 maka analisa stabilitas pada *software* Maxsurf Stability dapat dijalankan, sehingga menghasilkan grafik stabilitas seperti di bawah ini:



**Gambar 4.20** Grafik Stabilitas Kondisi Kapal dengan 0 Penumpang

Dilihat dari hasil perhitungan titik beratnya, kapal tanpa perangkat panel surya (0 penumpang) berada di LCG 5,610 m dan VCG 0,524 m. Sedangkan kondisi kapal yang sama dengan diberi seperangkat panel surya titik beratnya LCG 5,998 dan VCG 0,636 m. Titik berat kapalnya turun 0,112 m setelah diberi beban dari perangkat panel surya. Selain itu dapat terbaca hasil (*result*) analisis Stabilitas beberapa kondisi kapal berdasarkan persyaratan Standart IMO seperti tabel berikut ini:

**Table 4.20** Data Hasil Analisa Stabilitas dengan Beberapa Kondisi

IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	Kapal Awal 0 Penumpang				
	Value	Units	Actual	Status	Margin %
3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7190	m.deg	4,2318	Pass	+146,18
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
3.1.2.4: Initial GMt	0,150	m	0,743	Pass	+395,33

3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	0,0	Pass	+100,00
3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10,0	deg	0,7	Pass	+92,57
3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1510	m.deg	5,9663	Pass	+89,35
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,464	Pass	+132,00
<b>IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	<b>10 Penumpang</b>				
	<b>Value</b>	<b>Units</b>	<b>Actual</b>	<b>Status</b>	<b>Margin %</b>
3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7190	m.deg	2,7889	Pass	+62,24
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	38,2	Pass	+52,73
3.1.2.4: Initial GMt	0,150	m	0,601	Pass	+300,67
3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	0,0	Pass	+100,00
3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10,0	deg	1,7	Pass	+83,46
3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1510	m.deg	4,6185	Pass	+46,57
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,282	Pass	+41,00
<b>IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	<b>5 Penumpang</b>				
	<b>Value</b>	<b>Units</b>	<b>Actual</b>	<b>Status</b>	<b>Margin %</b>
3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7190	m.deg	3,0863	Pass	+79,54
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	40,9	Pass	+63,64
3.1.2.4: Initial GMt	0,150	m	0,633	Pass	+322,00
3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	0,0	Pass	+100,00
3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10,0	deg	1,4	Pass	+85,85
3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1510	m.deg	4,9268	Pass	+56,36
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,315	Pass	+57,50
<b>IMO A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships</b>	<b>0 Penumpang</b>				
	<b>Value</b>	<b>Units</b>	<b>Actual</b>	<b>Status</b>	<b>Margin %</b>
3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7190	m.deg	3,4015	Pass	+97,87
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	43,6	Pass	+74,54
3.1.2.4: Initial GMt	0,150	m	0,668	Pass	+345,33
3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium	10,0	deg	0,0	Pass	+100,00
3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	10,0	deg	1,2	Pass	+88,24
3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1510	m.deg	5,2506	Pass	+66,63
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,353	Pass	+76,50

Kata *Pass* pada kolom status menandakan bahwa stabilitas kapal memenuhi standart IMO. Dari hasil analisa stabilitas kapal tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa Kapal Pariwisata dengan perangkat *re-powering* (motor listrik, panel surya, baterai) berada dalam kondisi aman (stabil).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Pendahuluan**

Setelah semua hasil penelitian didapat dan dianalisa pada pembahasan yang telah dijabarkan pada Bab-bab sebelumnya, pada Bab penutup ini akan dirangkum seluruh hasil yang telah dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini. Pada Bab ini juga akan diberikan saran-saran berupa hal-hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut serta hal-hal yang belum dapat diselesaikan pada pengerjaan Tugas Akhir ini. Saran-saran tersebut perlu diperhatikan dan dapat digunakan sebagai pertimbangan bagi penelitian selanjutnya yang memiliki ketertarikan yang sama di masa yang akan datang agar hasilnya lebih sempurna.

#### **5.2 Kesimpulan**

Setelah membahas beberapa aspek yang berkaitan dengan pengaruh *re-powering* terhadap stabilitas kapal pariwisata di daerah perairan Pulau Gili Iyang pada Bab-bab sebelumnya, berikut ini merupakan rangkuman dari hasil seluruh pembahasan tersebut. Adapun kesimpulannya adalah sebagai berikut:

- 1) Dari hasil simulasi CFD didapatkan bentuk lambung kapal yang beroperasi pada perairan Pulau Gili Iyang mempunyai nilai Hambatan Total ( $R_t$ ) = 13,79 kN, dengan  $R_t$  tersebut dibutuhkan motor penggerak dengan daya  $P_B = 114.069$  HP.
- 2) Pada perencanaan *re-powering* kapal tersebut hanya mampu menyerap energy matahari dan menyalurkan daya sebesar 1465,868 Watt, nilai yang masih kurang untuk memenuhi kebutuhan motor penggerak yang besarnya mencapai 83.899 kW. Sehingga moda transportasi yang sudah ada tidak bisa dilakukan *re-powering* dengan memanfaatkan sumber energy matahari. Untuk bisa memenuhi daya motor penggerak, membutuhkan sebanyak 56 modul panel surya.
- 3) Dari semua perangkat *re-powering* (motor listrik, panel surya, baterai) yang telah dipasang, hasil stabilitas kapalnya memenuhi kriteria IMO baik ketika kondisi penumpang penuh (10 orang+2 crew), sebagian (5 orang+2 crew) dan penumpang kosong (2 crew).

#### **5.3 Saran**

Di luar seluruh pekerjaan yang sudah diselesaikan, tentunya masih banyak permasalahan yang belum bisa dijangkau pada pembahasan dalam penelitian ini. Diharapkan hal tersebut dapat

diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Untuk itu pada bagian ini terdapat beberapa saran sebagaimana dituliskan sebagai berikut :

- 1) Pada penelitian Tugas Akhir ini penulis hanya menganalisa perhitungan hambatan kapal dengan simulasi CFD, dibutuhkan pengujian laboratorium pada *towing tank* untuk membandingkan nilai hambatan kapalnya.
- 2) Penulis membatasi nilai dari intensitas matahari dengan menggunakan rata-rata intensitas matahari yang ada di Indonesia, perlu dilakukan penelitian terkait jumlah intensitas matahari di daerah Pulau Gili Iyang untuk bisa memaksimalkan perhitungan daya pada panel surya.
- 3) Untuk memenuhi kebutuhan daya pada motor penggerak kapal, maka dibutuhkan perancangan bentuk lambung kapal yang mempunyai nilai hambatan kecil pada penelitian selanjutnya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Pendahuluan**

Setelah semua hasil penelitian didapat dan dianalisa pada pembahasan yang telah dijabarkan pada Bab-bab sebelumnya, pada Bab penutup ini akan dirangkum seluruh hasil yang telah dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini. Pada Bab ini juga akan diberikan saran-saran berupa hal-hal yang dapat dikembangkan lebih lanjut serta hal-hal yang belum dapat diselesaikan pada pengerjaan Tugas Akhir ini. Saran-saran tersebut perlu diperhatikan dan dapat digunakan sebagai pertimbangan bagi penelitian selanjutnya yang memiliki ketertarikan yang sama di masa yang akan datang agar hasilnya lebih sempurna.

#### **5.2 Kesimpulan**

Setelah membahas beberapa aspek yang berkaitan dengan pengaruh *re-powering* terhadap stabilitas kapal pariwisata di daerah perairan Pulau Gili Iyang pada Bab-bab sebelumnya, berikut ini merupakan rangkuman dari hasil seluruh pembahasan tersebut. Adapun kesimpulannya adalah sebagai berikut:

- 1) Dari hasil simulasi CFD didapatkan bentuk lambung kapal yang beroperasi pada perairan Pulau Gili Iyang mempunyai nilai Hambatan Total ( $R_t$ ) = 13,79 kN, dengan  $R_t$  tersebut dibutuhkan motor penggerak dengan daya  $P_B = 114.069$  HP.
- 2) Pada perencanaan *re-powering* kapal tersebut hanya mampu menyerap energy matahari dan menyalurkan daya sebesar 1465,868 Watt, nilai yang masih kurang untuk memenuhi kebutuhan motor penggerak yang besarnya mencapai 83.899 kW. Sehingga moda transportasi yang sudah ada tidak bisa dilakukan *re-powering* dengan memanfaatkan sumber energy matahari. Untuk bisa memenuhi daya motor penggerak, membutuhkan sebanyak 56 modul panel surya.
- 3) Dari semua perangkat *re-powering* (motor listrik, panel surya, baterai) yang telah dipasang, hasil stabilitas kapalnya memenuhi kriteria IMO baik ketika kondisi penumpang penuh (10 orang+2 crew), sebagian (5 orang+2 crew) dan penumpang kosong (2 crew).

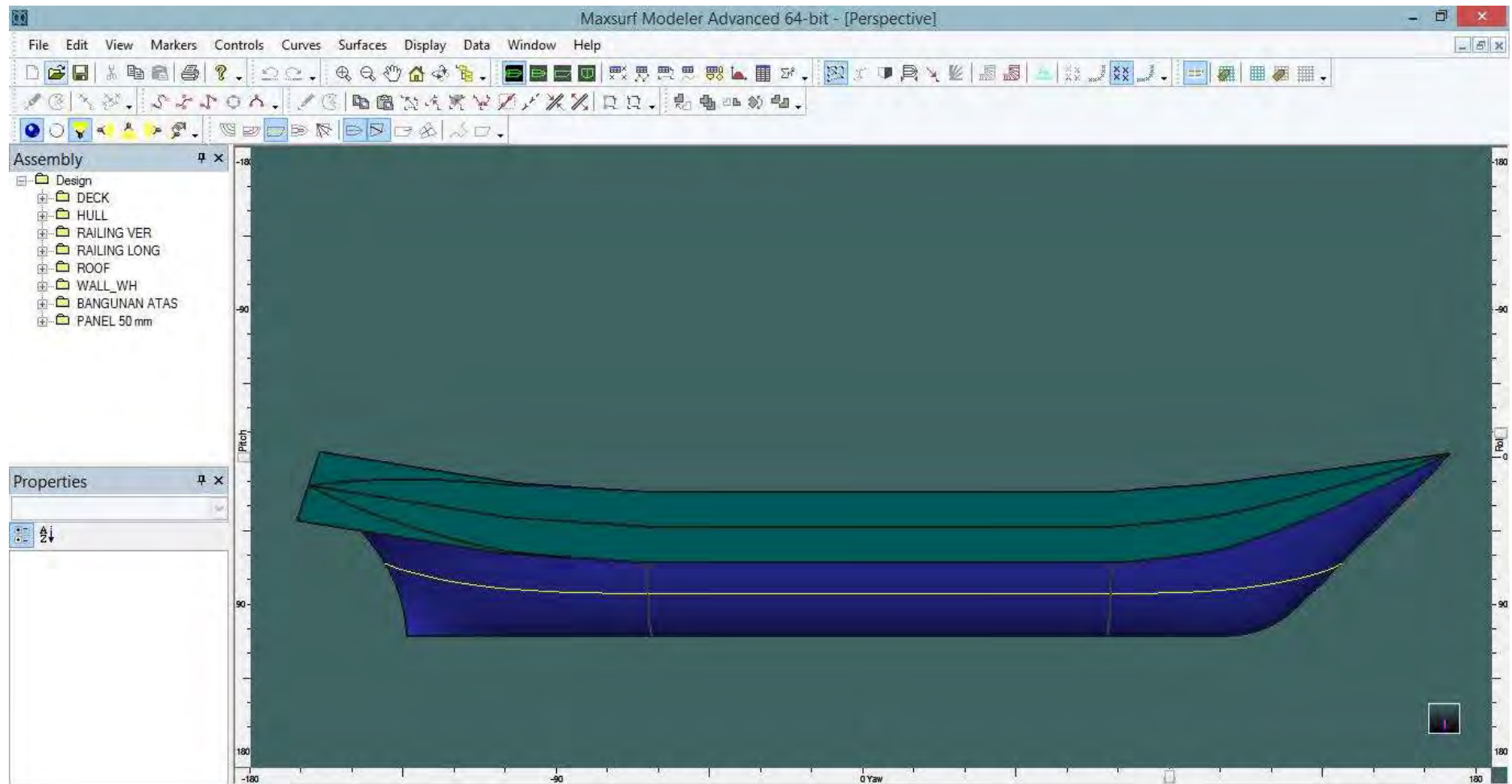
#### **5.3 Saran**

Di luar seluruh pekerjaan yang sudah diselesaikan, tentunya masih banyak permasalahan yang belum bisa dijangkau pada pembahasan dalam penelitian ini. Diharapkan hal tersebut dapat

diperbaiki pada penelitian selanjutnya. Untuk itu pada bagian ini terdapat beberapa saran sebagaimana dituliskan sebagai berikut :

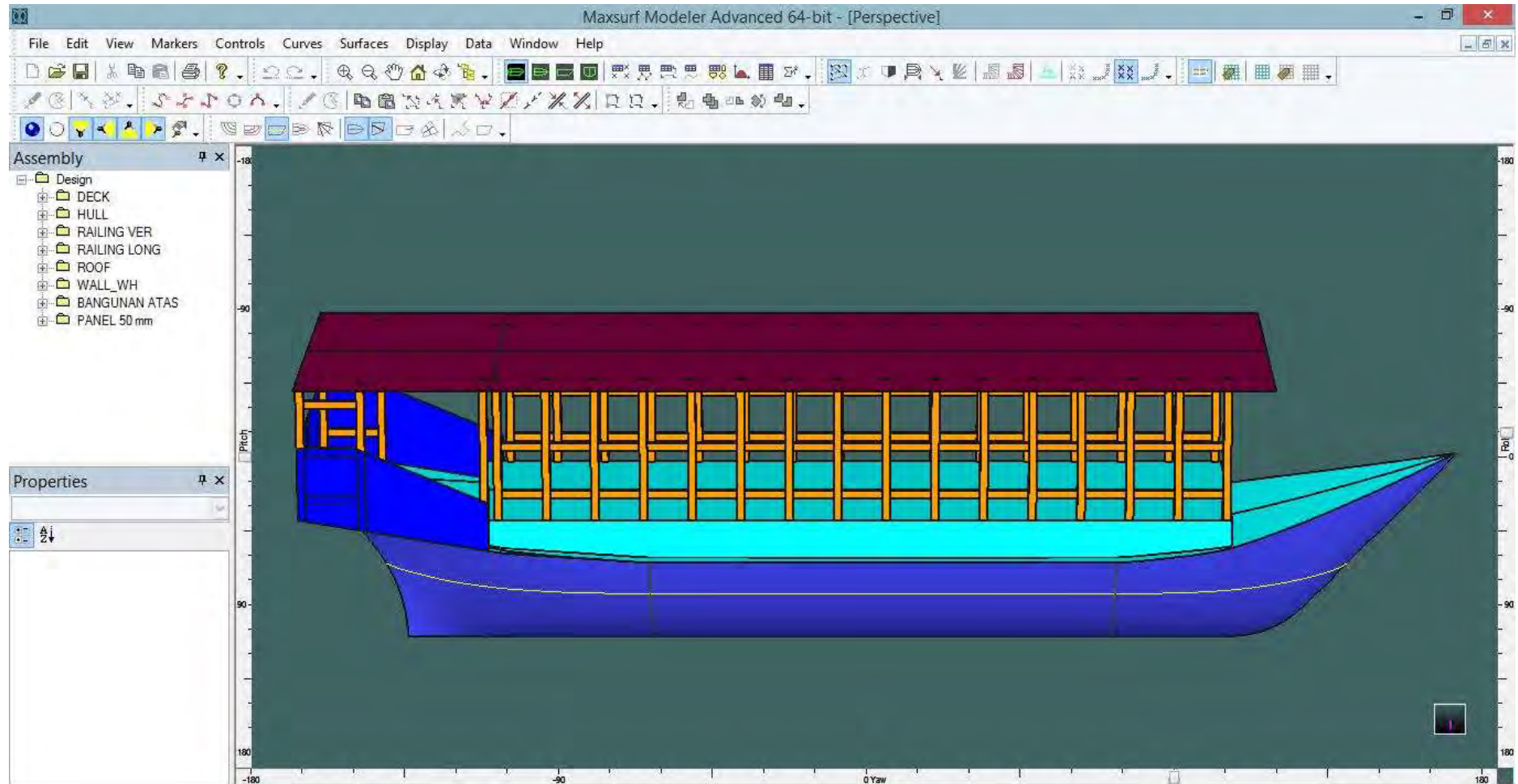
- 1) Pada penelitian Tugas Akhir ini penulis hanya menganalisa perhitungan hambatan kapal dengan simulasi CFD, dibutuhkan pengujian laboratorium pada *towing tank* untuk membandingkan nilai hambatan kapalnya.
- 2) Penulis membatasi nilai dari intensitas matahari dengan menggunakan rata-rata intensitas matahari yang ada di Indonesia, perlu dilakukan penelitian terkait jumlah intensitas matahari di daerah Pulau Gili Iyang untuk bisa memaksimalkan perhitungan daya pada panel surya.
- 3) Untuk memenuhi kebutuhan daya pada motor penggerak kapal, maka dibutuhkan perancangan bentuk lambung kapal yang mempunyai nilai hambatan kecil pada penelitian selanjutnya.

## Proses Permodelan Dengan Software Maxsurf

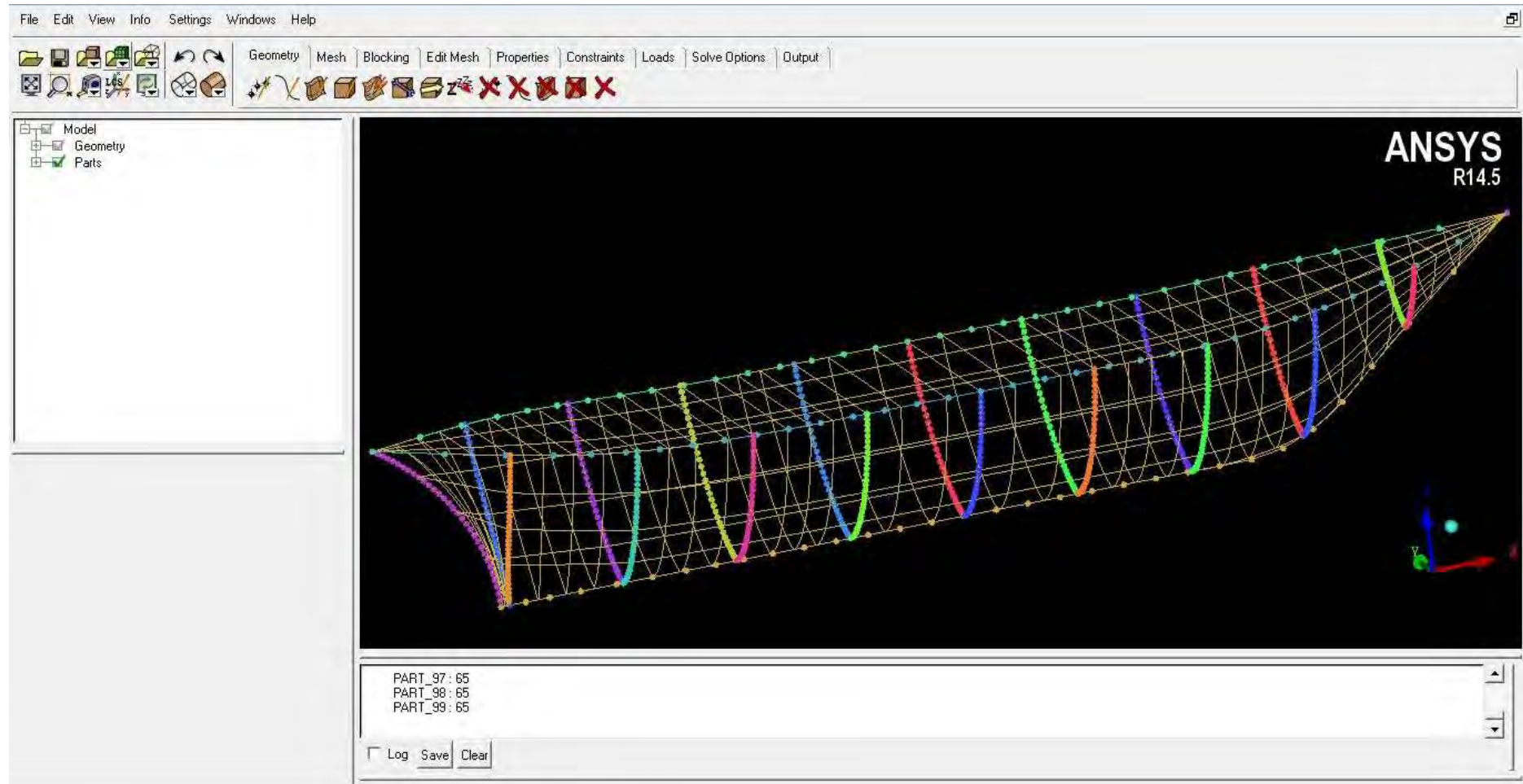




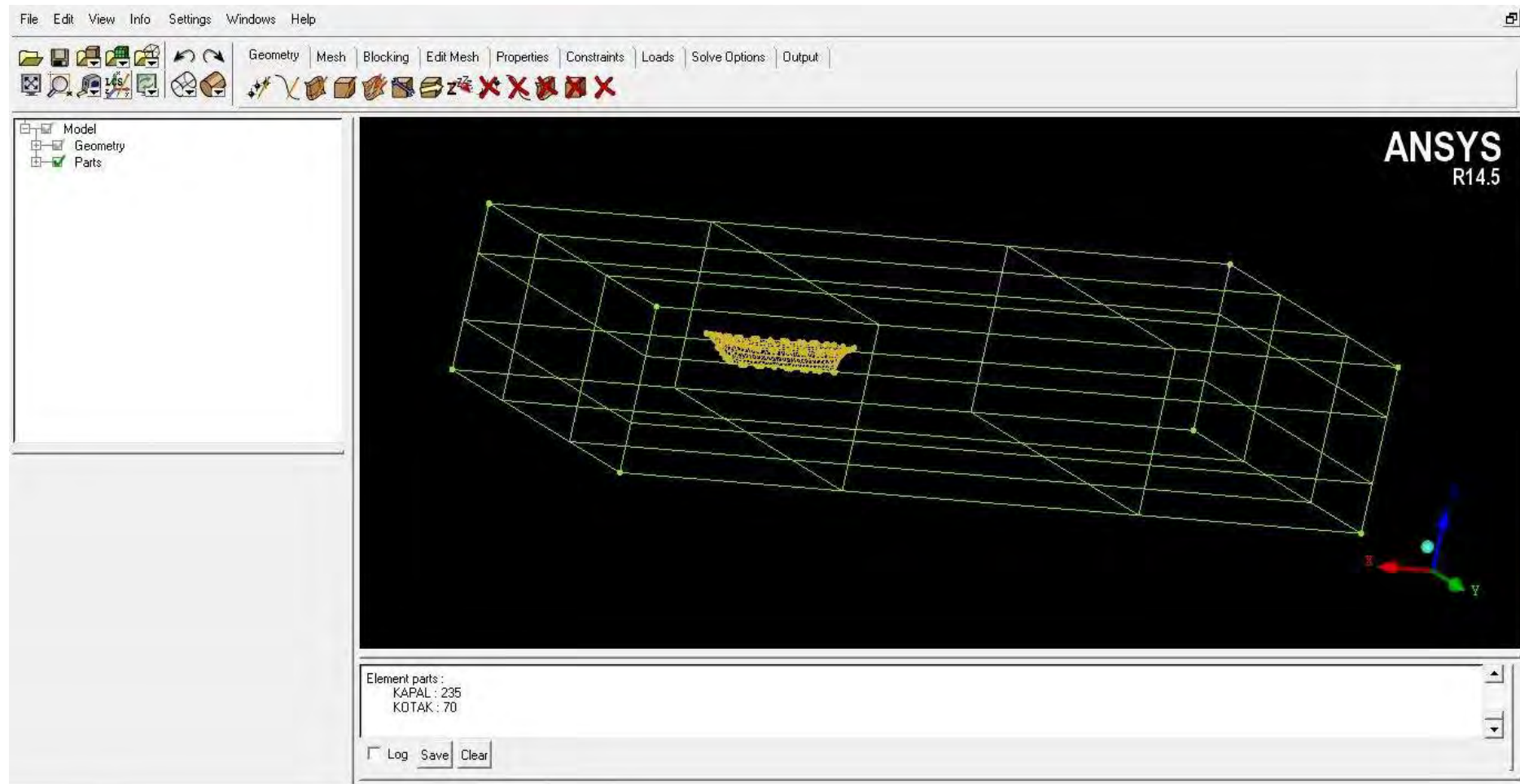
## Proses Permodelan Dengan Software Maxsurf



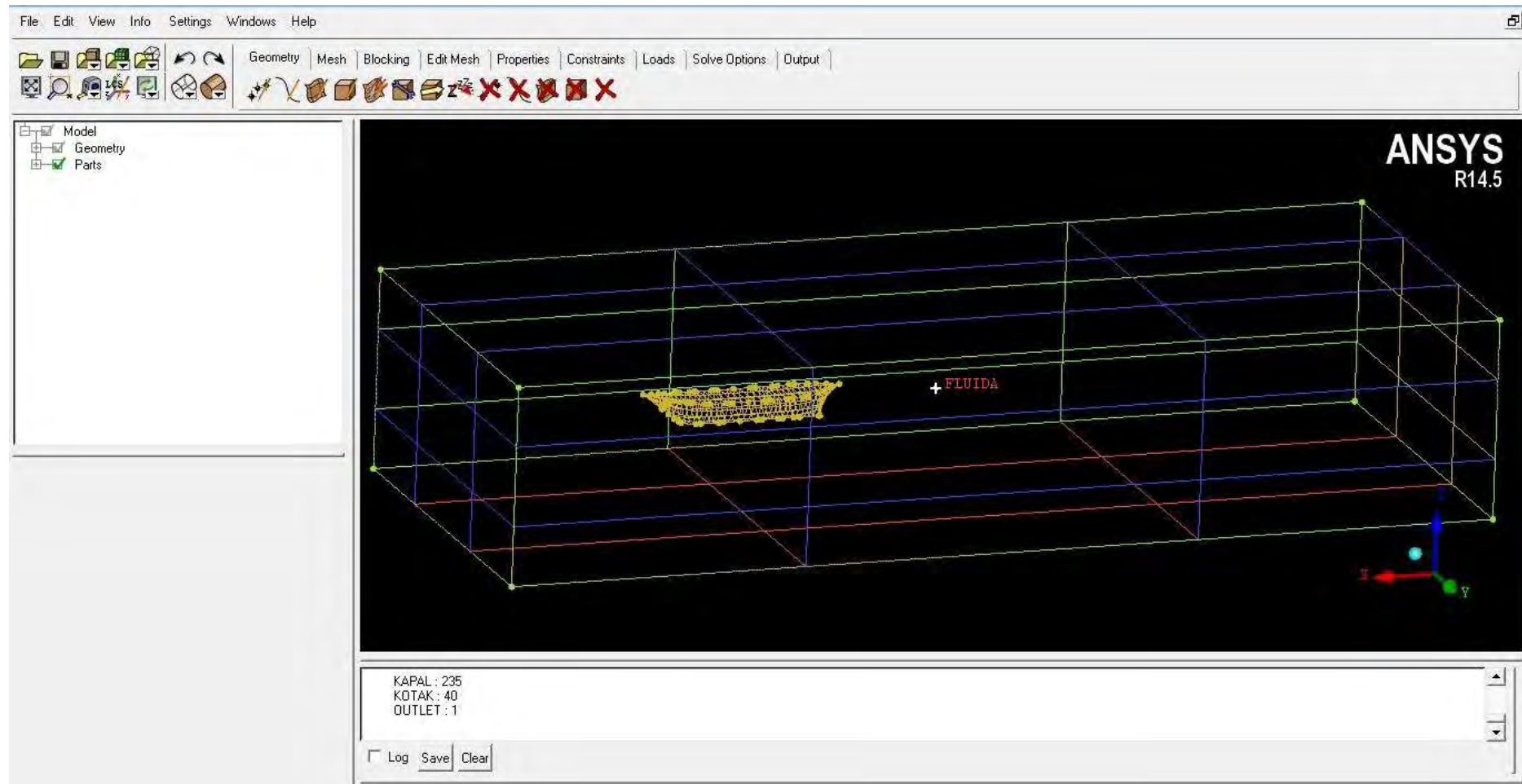
## Proses Meshing Model



## Proses Meshing Model

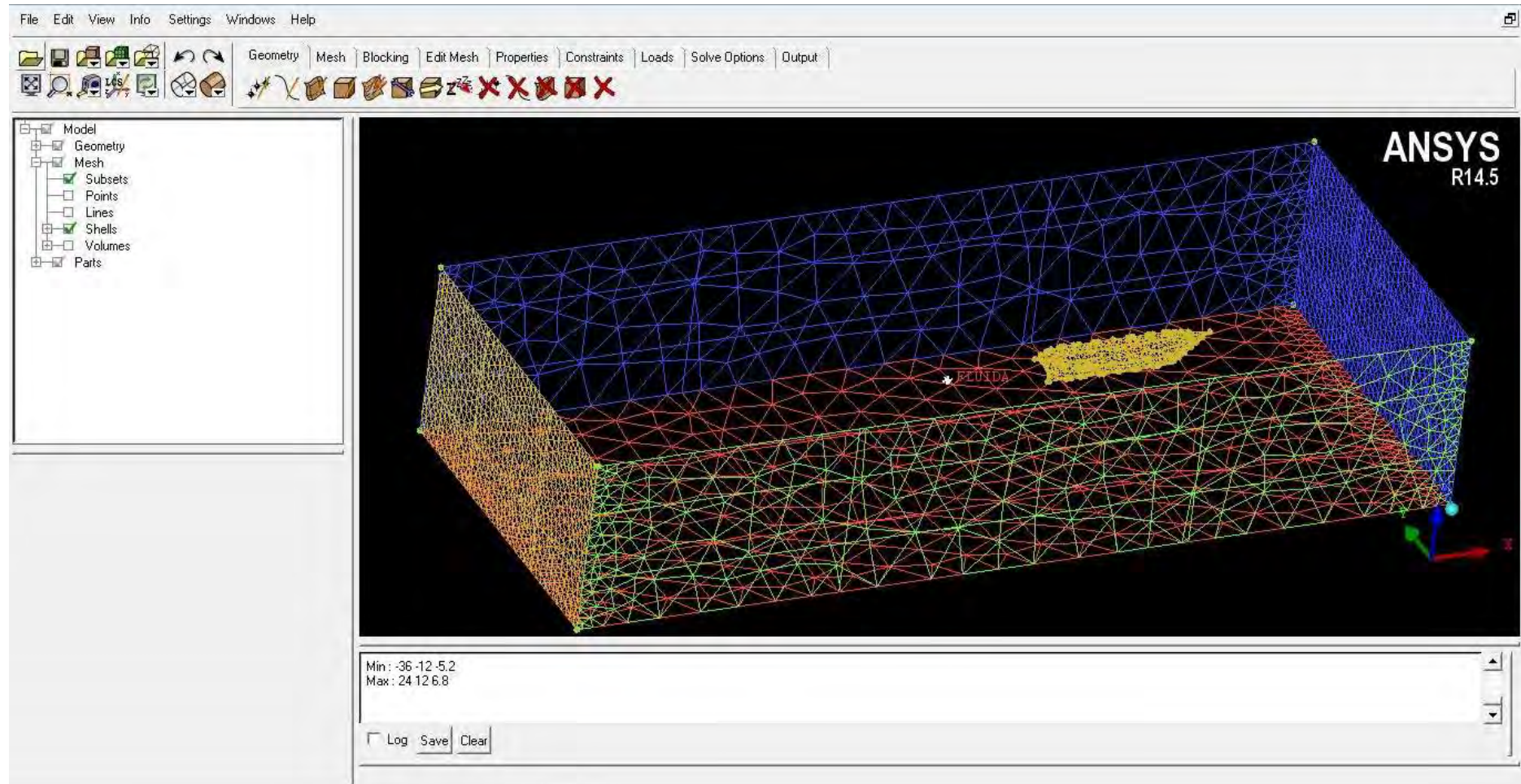


## Proses Meshing Model

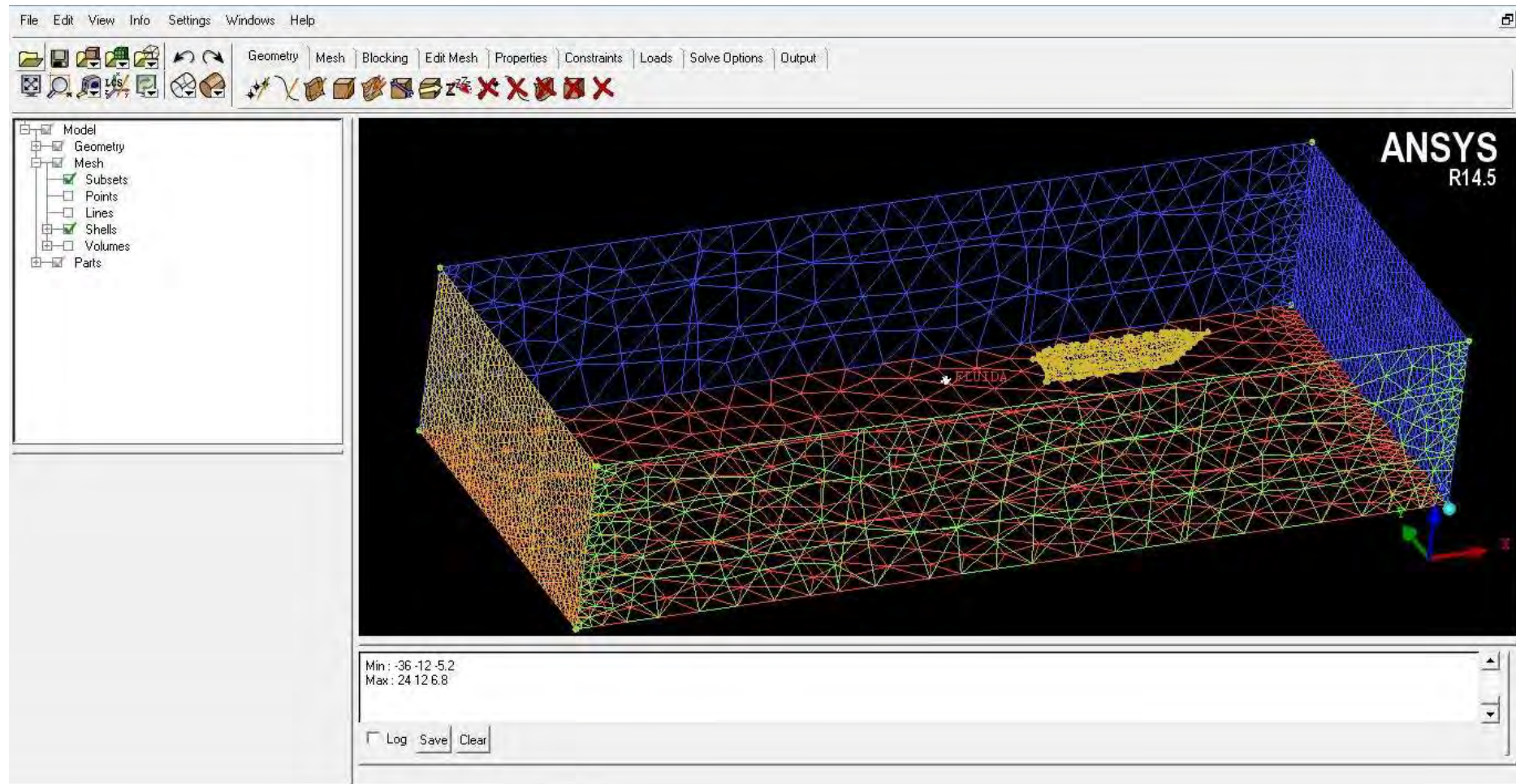




## Proses Meshing Model

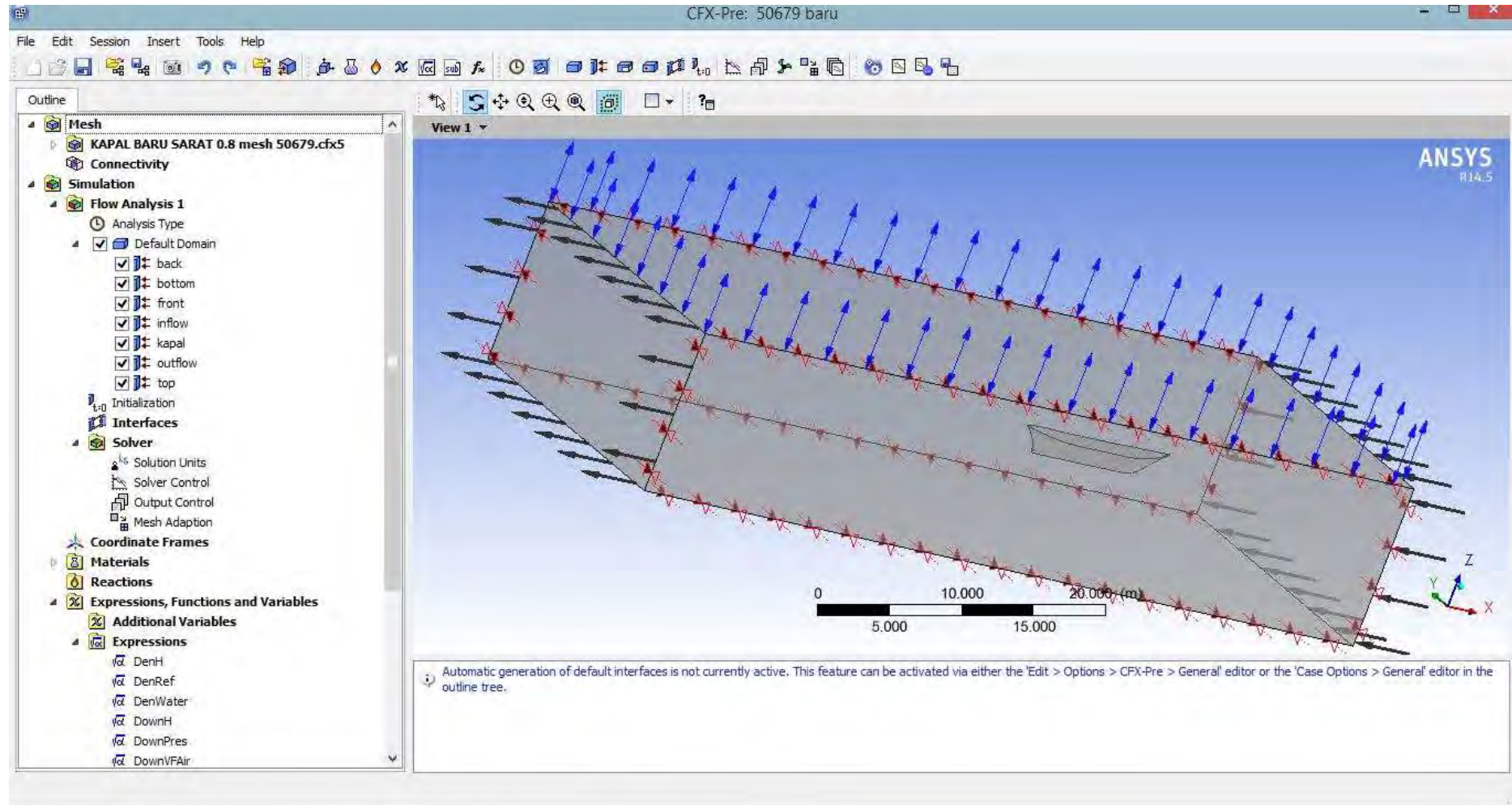


## Proses Meshing Model

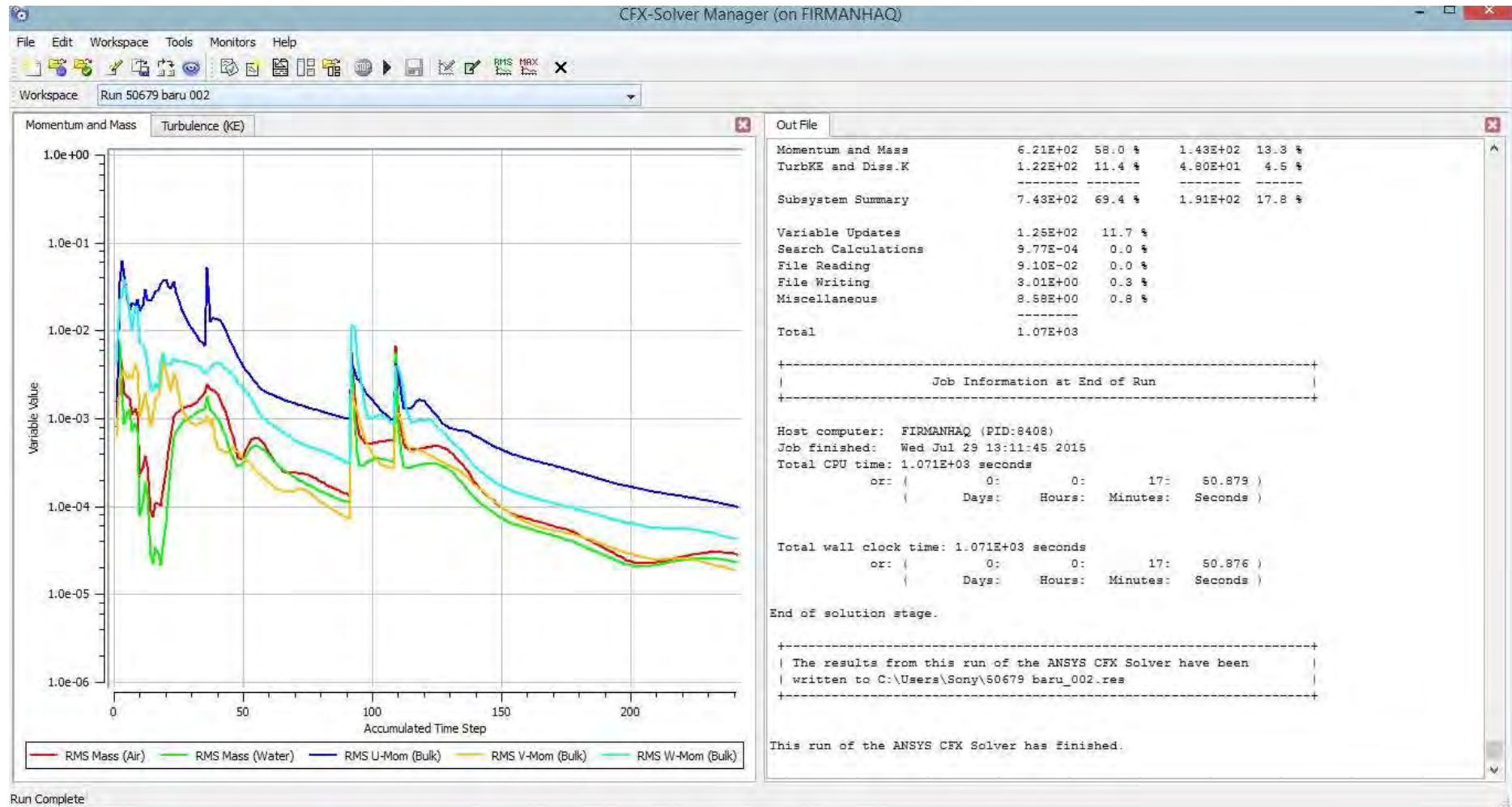




## Proses CFX Pre

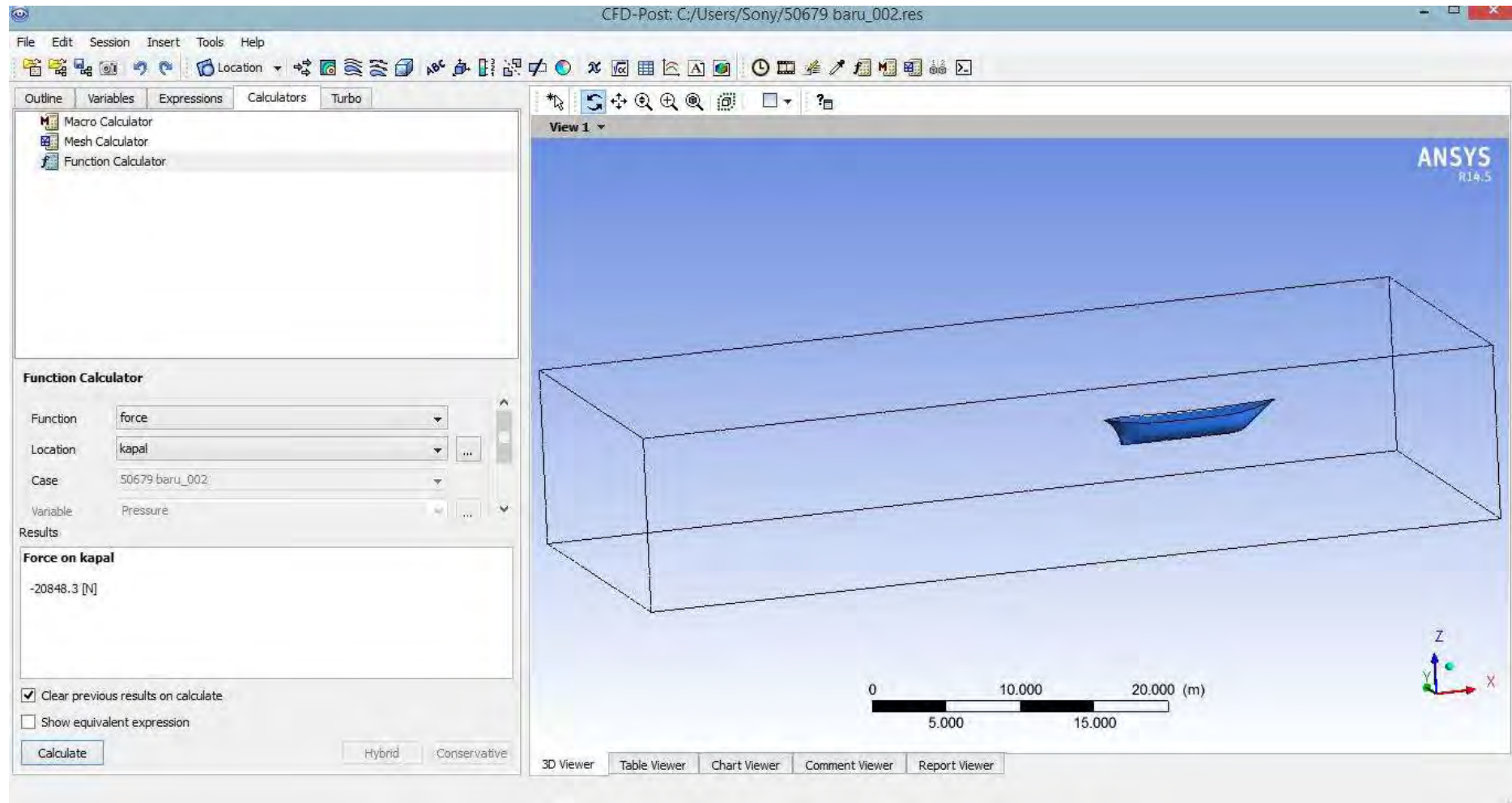


## Proses CFX Solver Manajer





## Proses CFX Post



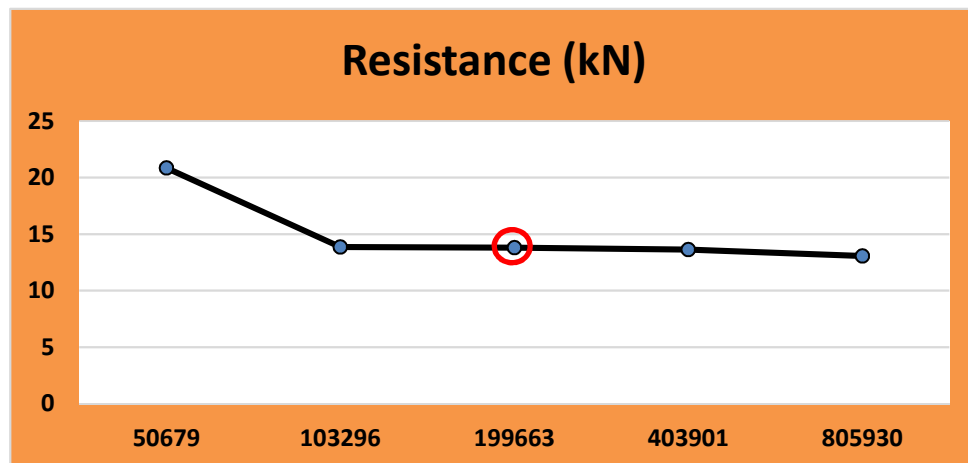
## UKURAN UTAMA KAPAL

$L_{WL}$	=	10.08	m		
$L_{PP}$	=	12.00	m		
$B$	=	2.80	m		
$H$	=	2.00	m		
$T$	=	0.80	m		
$V_{sea}$	=	10.0	knots	=	5.14 m/s
$D$	=	0.27	m		
$C_b$	=	0.525	(block coefficient)		
$C_p$	=	0.838	(prismatic coefficient)		
$C_m$	=	0.626	(midship coefficient)		
$C_w$	=	0.865	(waterplane coefficient)		
$\Delta$	=	10.07	ton		
$WSA$	=	26.48	$m^2$		
$\rho$	=	1025	$kg/m^3$		
	=	1.025	$ton/m^3$		
$\nabla$	=	9.83	$m^3$		
$LCB$	=	5.871	m		
$g$	=	9.81	$m/s^2$		
$F_n$	=	$\frac{v_t}{\sqrt{g \times L_{WL}}}$			
	=	0.517216			

## HAMBATAN (Hasil CFX)

Meshing	Rt (N)	Rt (kN)	Selisih
50679	20848.3	20.8483	33.54%
103296	13856.6	13.8566	0.48%
199663	13790	13.79	1.09%
403901	13639.9	13.6399	4.23%
805930	13062.3	13.0623	

Grid Independence < 2%



## POWER ENGINE

### \*Perhitungan Koefisien $1+k_1$

(ref: PNA vol.II, hal.91)

$$1+k_1 = 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)}$$

dimana ;

c = koefisien bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0.011c_{\text{stern}}$$

$$= 0.89$$

c stern = -25 for pram with gondola

c stern = -10 for V-shaped sections

c stern = 0 for normal section shape

c stern = 10 for U-shaped sections with Hogner stern

$$L_R/L = 1 - C_p + 0.06C_p LCB / (4C_p - 1)$$

$$= 0.288$$

$$1+k_1 = 0.93 + 0.4871c (B/L)^{1.0681} (T/L)^{0.4611} (L/LR)^{0.1216} (L^3/V)^{0.3649} (1-C_p)^{(-0.6042)}$$

$$1+k_1 = 1.583$$

### \*Perhitungan Koefisien Gesek

(ref: PNA vol.II, hal.59)

Untuk perhitungan harga koefisien gesek ini, dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus berdasarkan ITTC 1957, yaitu :

$$C_F = 0.075 / (\log Rn - 2)^2$$

dimana ;

$$Rn = \frac{v \cdot Lwl}{\nu}$$

$$\nu = 0.94252 \times 10^{-6}$$

untuk temperatur 25° C

$$= (5.14 \times 10.08) / 0.94252 \times 10^{-6}$$

$$= 55.030.081$$

$$C_F = 0.075 / [\log (55030081,1) - 2]^2$$

$$= 0.00228$$

## Perhitungan Effective Horse Power

$$PE = R_t \cdot V_s$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-27)

$$PE = 70.93576 \text{ kW}$$

## Perhitungan Thrust Horse Power

$$PT = T \cdot V_a$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-27)

$$T = R_t / (1-t)$$

$$t = 0.375 \cdot C_b - 0.1885 \cdot D / (B \cdot T)^{0.5}$$

$$t = 0.162869$$

$$T = 16.47294$$

$$V_a = V_s \cdot (1-w)$$

$$w = 0.3095 \cdot C_b + 10 \cdot C_v \cdot C_b - 0.23 \cdot D / (B \cdot D)^{0.5}$$

$$C_v = (1+k) \cdot C_f$$

$$C_v = 0.003604$$

$$w = 0.109985$$

$$V_a = 4.578236 \text{ m/s}$$

$$PT = 75.41699 \text{ kW}$$

$$1 \text{ HP} = 0.7355 \text{ kW}$$

$$PT = 102.5384 \text{ HP}$$

**\*Perhitungan Efisiensi Hull**

$$\eta H = PE / PT$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-29)

$$\eta H = 0.940581$$

**Perhitungan Delivery Horse Power**

$$PD = PT / \eta H$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-29)

$$PD = 80.18132 \text{ kW}$$

**Perhitungan Shaft Horse Power**

$$PS = PD / \eta S \eta B$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-29)

$$\eta S \eta B = 0.98 \text{ kamar mesin dibelakang} \quad (\text{Parametric Design chapter 11, hal.11-31})$$

$$PS = 81.81767 \text{ kW}$$

**Perhitungan Break Horse Power**

$$PB = PS / \eta T$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-29)

$$\eta T = \prod (1 - li)$$

(Parametric Design chapter 11, hal.11-33)

$$li = 0.010 \quad \text{for each gear reduction}$$

$$li = 0.005 \quad \text{for the thrust bearing}$$

$$li = 0.010 \quad \text{for a reversing gear path}$$

$$\eta T = (1 - 0.010) \times (1 - 0.005) \times (1 - 0.010)$$

$$\eta T = 0.9752$$

$$PB = 83.89839 \text{ kW}$$

$$1 \text{ HP} = 0.7355 \text{ kW}$$

$$PB = 114.0699 \text{ HP}$$



# **ELECTRIC**PROPULSION

QUIET | POWERFUL | RELIABLE | GREEN | EFFICIENT



**ELCO MOTOR YACHTS HAS BEEN LEADING THE WAY IN CLEAN, EFFICIENT ELECTRIC PROPULSION** for sail boats and displacement yachts since 1893. We design and build eco-friendly products that reduce dependency on fossil fuels and eliminate the noise, emissions, maintenance and risk of traditional engines. Elco is the choice of smart, discerning boat owners around the world.



U.S. Patent Number 8,912,698

# Electric Inboard

## motor performance Elco EP-10000

Boat size ranges	50' - 85'
Horse power diesel equivalency	100 h.p.
Suggested horsepower replacement range	75 - 125 h.p.
Peak kW	73.5 kW
Continuous kW	42.5 kW
Miles per gallon equivalency	12 mpg
Length	35"
Width	18.82"
Height	19.25"
Weight	740 lbs



ELECTRIC

### E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE

Cruising speed*	7 - 9 knots
Cruising time*	6 - 2 hours
Cruising range*	34 - 18 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	12 batteries
Battery bank voltage in total	144 vdc
Amps (maximum)	295 amps
Kilowatts (peak output kW rating)	73.5 kW
Kilowatts (continuous output kW rating)	42.5 kW
Charger	Elcon PFC5000
Quick charger (optional)	Elcon PFC8000



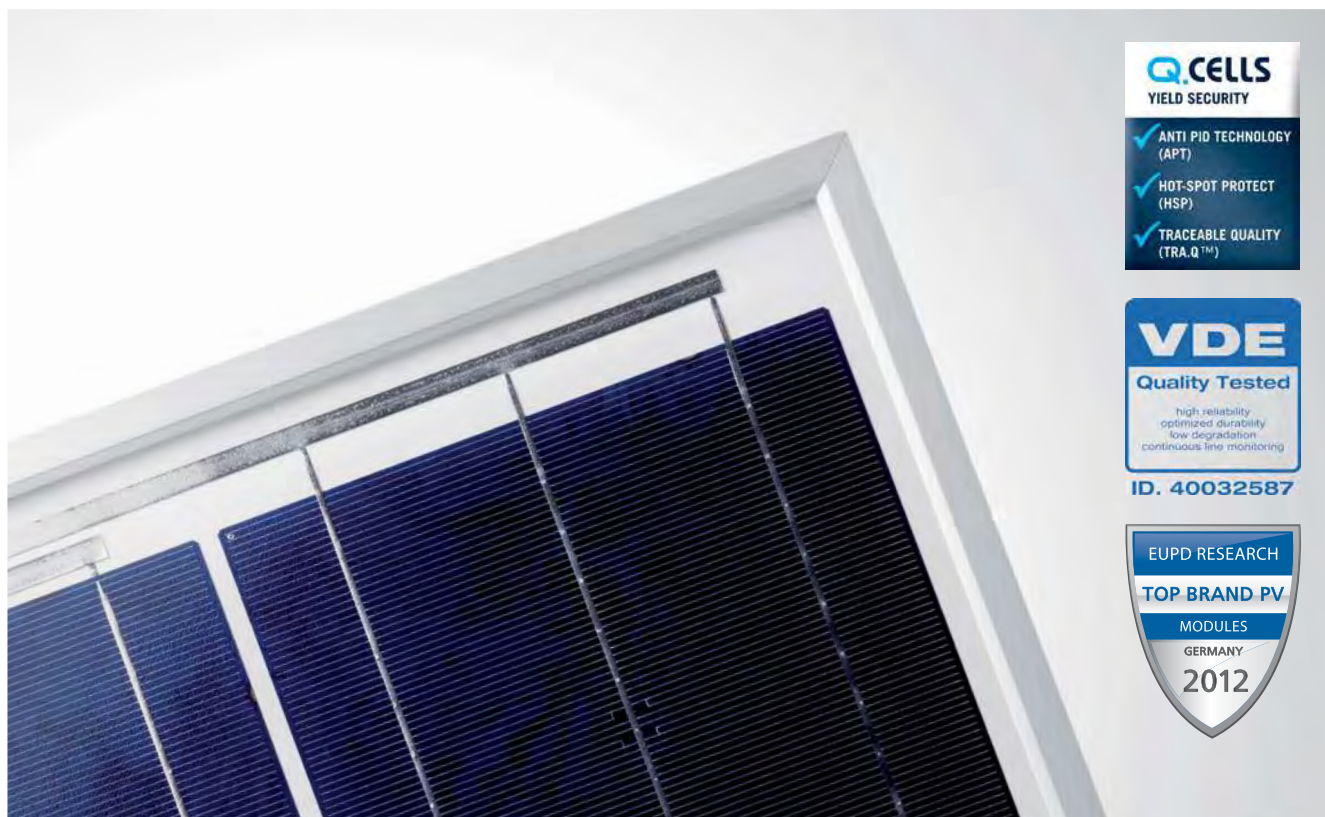
HYBRID

### E-POWER HYBRID ELECTRIC PERFORMANCE: OPTIONAL GENERATOR

Genset kilowatt size (AC or DC)*	12 - 25 kW
Typical fuel tank capacity for genset (gallons)	125 gal
Cruising speed*	7 - 9 knots
Cruising time*	81 - 49 hours
Cruising range*	583 - 437 nm
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	12 batteries
Battery bank voltage	144 vdc
Charger(s) required	2 - 3 chargers
Charger	Elcon PFC8000
Genset (continuous output rating)	Northern Lights M844LW3 (20kW) Northern Lights M944W3 (30kW) or Northern Lights M864W3 (25kW)

\*Actual performance may vary based on operating conditions, figures above when traveling between 60-80% of hull speed. \*\*Shore power-50% depth of discharge  
To convert from nautical miles (nm) to statute miles multiply nm by 1.15. With Electric Hybrid system additional kilowatts should be added depending on house loads (1,000 watts equals 1kW)





## POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE

# Q.PRO-G2 240-255

Reliability and safety

The **Q.PRO-G2** solar module with power classes up to 255 Wp is one of the strongest 60-cell modules of its type on the market globally. But there is even more to our polycrystalline modules. Only **Q.CELLS** offers German engineering quality with our unique triple Yield Security.

### YOUR EXCLUSIVE TRIPLE YIELD SECURITY

- **Anti PID Technology (APT)** reliably prevents power loss resulting from unwanted leakage currents (potential-induced degradation)<sup>1</sup>.
- **Hot-Spot Protect (HSP)** prevents yield losses and reliably protects against module fire.
- **Traceable Quality (Tra.Q™)** is the 'Finger Print' of a solar cell. Tra.Q™ ensures continuous quality control throughout the entire production process from cells to modules while making Q.CELLS solar modules forgery proof.

### ONE MORE ADVANTAGE FOR YOU

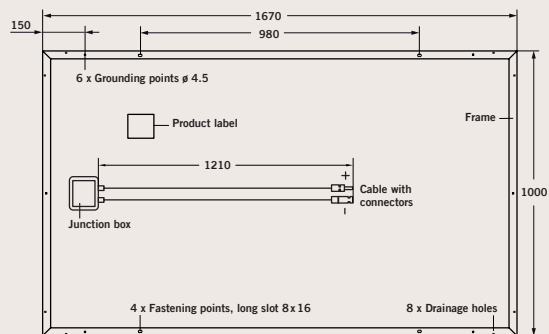
- **NEW! More energy output:** optimised light utilisation with non-corrosive anti-reflection technology.
- **Controlled quality:** Q.PRO-G2 modules continuously pass the most stringent testing program in the PV sector and carry the quality certificate 'VDE Quality Tested' awarded by the Association of German Engineers.
- **Guaranteed performance:** Q.CELLS offers the best warranties on the market. A 10-year product warranty plus a 25-year linear performance warranty<sup>2</sup>.



<sup>1</sup> APT test conditions: Cells at -1000 V against grounded, with conductive metal foil covered module surface, 25 °C, 168 h (TUV test conditions)  
<sup>2</sup> See data sheet on rear for further information.

## MECHANICAL SPECIFICATION

<b>Format</b>	1670 mm x 1000 mm x 50 mm (including frame)
<b>Weight</b>	19.8 kg
<b>Front Cover</b>	3.2 mm thermally pre-stressed glass with antireflection technology
<b>Back Cover</b>	Composite film
<b>Frame</b>	Anodised aluminum
<b>Cell</b>	6 x 10 polycrystalline solar cells
<b>Junction box</b>	116 mm x 153 mm x 20 mm Protection class IP68, with bypass diodes
<b>Cable</b>	4 mm <sup>2</sup> Solar cable; (+) 1210 mm, (-) 1210 mm
<b>Connector</b>	Yamaichi Y-SOL4, IP68



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS (STC: 1000 W/m<sup>2</sup>, 25 °C, AM 1.5 G SPECTRUM)<sup>1</sup>

<b>NOMINAL POWER (+5 W/-0 W)</b>		<b>[W]</b>	240	245	250	255
<b>Average Power</b>	<b>P<sub>MPP</sub></b>	<b>[W]</b>	242.5	247.5	252.5	257.5
<b>Short Circuit Current</b>	<b>I<sub>SC</sub></b>	<b>[A]</b>	8.76	8.85	8.94	9.03
<b>Open Circuit Voltage</b>	<b>V<sub>OC</sub></b>	<b>[V]</b>	37.35	37.56	37.78	37.99
<b>Current at P<sub>MPP</sub></b>	<b>I<sub>MPP</sub></b>	<b>[A]</b>	8.20	8.32	8.45	8.57
<b>Voltage at P<sub>MPP</sub></b>	<b>V<sub>MPP</sub></b>	<b>[V]</b>	29.57	29.73	29.89	30.04
<b>Efficiency (Nominal Power)</b>	<b>η</b>	<b>[%]</b>	≥ 14.4	≥ 14.7	≥ 15.0	≥ 15.3

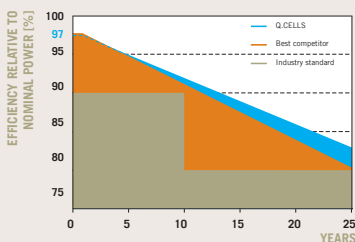
PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CELL TEMPERATURE (NOCT: 800 W/m<sup>2</sup>, 47 ± 3 °C, AM 1.5 G SPECTRUM)<sup>2</sup>

<b>NOMINAL POWER (+5 W/-0 W)</b>		<b>[W]</b>	240	245	250	255
<b>Average Power</b>	<b>P<sub>MPP</sub></b>	<b>[W]</b>	176.8	180.5	184.1	187.8
<b>Short Circuit Current</b>	<b>I<sub>SC</sub></b>	<b>[A]</b>	7.07	7.14	7.22	7.29
<b>Open Circuit Voltage</b>	<b>V<sub>OC</sub></b>	<b>[V]</b>	34.29	34.49	34.69	34.89
<b>Current at P<sub>MPP</sub></b>	<b>I<sub>MPP</sub></b>	<b>[A]</b>	6.56	6.65	6.75	6.85
<b>Voltage at P<sub>MPP</sub></b>	<b>V<sub>MPP</sub></b>	<b>[V]</b>	26.97	27.12	27.27	27.42

<sup>1</sup> Measurement tolerances STC: ± 3 % (P<sub>MPP</sub>); ± 10 % (I<sub>SC</sub>, V<sub>OC</sub>, I<sub>MPP</sub>, V<sub>MPP</sub>)

<sup>2</sup> Measurement tolerances NOCT: ± 5 % (P<sub>MPP</sub>); ± 10 % (I<sub>SC</sub>, V<sub>OC</sub>, I<sub>MPP</sub>, V<sub>MPP</sub>)

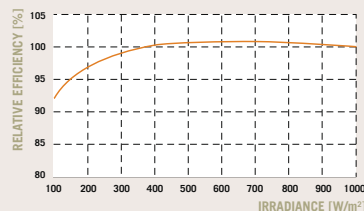
### Q.CELLS PERFORMANCE WARRANTY



At least 97 % of nominal power during first year. Thereafter max. 0.6 % degradation per year.  
At least 92 % of nominal power after 10 years.  
At least 83 % of nominal power after 25 years.

All data within measurement tolerances.  
Full warranties in accordance with the warranty terms of the Q.CELLS sales organization of your respective country.

### PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE



The typical change in module efficiency at an irradiance of 200 W/m<sup>2</sup> in relation to 1000 W/m<sup>2</sup> (both at 25 °C and AM 1.5 G spectrum) is -3 % (relative).

### TEMPERATURE COEFFICIENTS (AT 1000 W/m<sup>2</sup>, 25 °C, AM 1.5 G SPECTRUM)

<b>Temperature Coefficient of I<sub>SC</sub></b>	<b>α</b>	<b>[%/K]</b>	+0.04	<b>Temperature Coefficient of V<sub>OC</sub></b>	<b>β</b>	<b>[%/K]</b>	-0.33
<b>Temperature Coefficient of P<sub>MPP</sub></b>	<b>γ</b>	<b>[%/K]</b>	-0.43				

## PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN

<b>Maximum System Voltage V<sub>sys</sub></b>	<b>[V]</b>	1000	<b>Safety Class</b>	II
<b>Maximum Reverse Current I<sub>R</sub></b>	<b>[A]</b>	20	<b>Fire Rating</b>	C
<b>Wind/Snow Load (in accordance with IEC 61215)</b>	<b>[Pa]</b>	5400	<b>Permitted module temperature on continuous duty</b>	-40 °C up to +85 °C

## QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

VDE Quality Tested; IEC 61215 (Ed.2); IEC 61730 (Ed.1), Application class A  
This data sheet complies with DIN EN 50380.



## PARTNER

**NOTE:** Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact the technical service for further information on approved installation and use of this product.

HANWHA Q.CELLS GMBH

OT Thalheim, Sonnenallee 17-21  
06766 Bitterfeld-Wolfen, Germany

**TEL** +49 (0)3494 66 99-23444  
**FAX** +49 (0)3494 66 99-23000

**EMAIL** sales@q-cells.com  
**WEB** www.q-cells.com

**Q.CELLS**



# MARINE/RV

# INTIMIDATOR<sup>®</sup>

## AGM

### FEATURES AND BENEFITS

- Premium maintenance-free starting, cycling, and deep cycle service
- Micro-porous glass separators prevents acid spills and terminal corrosion
- Lower internal resistance ensures higher discharge rates and faster starts
- 2x the cycle life\* extends performance and life
- 20x more vibration protection\* resists wave-pounding
- Spillproof design enables flexible installation (upside-down not recommended) and safe handling around electronics
- High freeze-resistance provides better all weather service

\* Compared to conventional designs



From starting performance to a boatload of trolling and accessory power, Intimidator batteries won't have any trouble in meeting marine or RV needs. A premium spillproof design brings essential convenience and safety to the boating and RV enthusiast.

**Intimidator Starting and Cycling Service** batteries means high starting and moderate deep cycle power. Ideal for boaters that want high cranking power and still enjoy dependable power for more electronic accessories.

**Intimidator Heavy-Duty Deep Cycle** batteries have more fish-finding trolling and accessory power. Ideal for heavy deep cycle demands, with moderate starting power. Provides advanced protection against the typical deep discharge of extended trolling use.



# Intimidator® AGM Solutions for Intimidating Battery Needs

Intimidator is a pioneer brand in the development of the form, fit, and function of AGM battery technology. It has been tested and proven to best meet the criteria for the various types of dependable marine power needs.



## ADVANCED DURABILITY DESIGNS

- Fortified posts, straps, and welds resist vibration damage
- Maximize current transfer over life of battery



## POWER-PERFORM FULL-FRAME POSITIVE & NEGATIVE PLATES

- Better withstands rigorous marine demands
- Prevents life-robbing electrical shorts from exposed wire



## ENHANCED ELECTROLYTE SUSPENSION SYSTEM

- Absorbs more electrolyte, protects internal components
- Micro-porous glass separators prevents acid spills and terminal corrosion

## MARINE/RV INTIMIDATOR® AGM BATTERIES

GROUP NO.	PART NO.	PERFORMANCE LEVEL				APPROX. WEIGHT (lbs.)	MAXIMUM OVERALL DIMENSIONS						FOOTNOTES
		CCA @ 0°F	RES. CAP.	REF. MCA	20 AH RATE		Length		Width		Height		
							inch	mm	inch	mm	inch	mm	
DUAL PURPOSE ABSORBED GLASS MAT (AGM) VALVE REGULATED													
34M	9A34M	775	120	955	55	42.5	10%	273	6%	175	8%	212	2,17,46,78,U
12 VOLT HEAVY-DUTY DEEP CYCLE ABSORBED GLASS MAT (AGM) VALVE REGULATED													
U1	8AU1	200	45	240	32	24	7 ¾	197	5 ½	130	7 ¼	184	2,38,39,44,Y
U1	8AUIH	200	45	240	32	24	8 ⅝	211	5 ½	130	7 ¼	184	2,17,38,39,44,Y
22NF	8A22NF	350	85	420	55	39	9 ¾	238	5 ½	140	9 ¼	235	2,38,39,44,G
24M	8A24M	525	135	800	79	53	10 ⅞	276	6 ¾	171	9 ⅞	251	2,17,38,39,44,U
27M	8A27M	580	175	900	92	63	12 ¾	324	6 ¾	171	9 ⅞	251	2,17,38,39,44,U
31M	8A31DTM	800	200	1000	105	69	12 ⅞	329	6 ¾	171	9 ⅞	238	2,16,17,38,39,44,A
4D	8A4D	1110	380	1420	198	131	20 ¾	527	8 ½	216	10	254	2,17,44
8D	8A8D	1450	480	1800	245	161	20 ¾	527	11	279	10	254	2,17,44
6 VOLT HEAVY-DUTY DEEP CYCLE ABSORBED GLASS MAT (AGM) VALVE REGULATED													
GC2	8AGC2	680	380	900	190	70	10 ¼	260	7 ½	181	10 ⅞	276	2,44,U

All batteries have SAE automotive posts unless noted

**FOOTNOTES:** 2. Black cover / Gray case 16. Dual terminal universal design 17. Includes handle 38. "Non-spillable" defined by DOT (Department of Transportation) definitions 39. "Non-spillable" defined by ICAO (International Commercial Airline Organization) and IATA (International Airline Transport Association) definitions 44. Free replacement warranty is 3 months in full electric vehicle use. 46. If battery is used in on-highway vehicles equipped with 2-way radios (such as taxis, police, and emergency vehicles), marine applications, off-highway use, and other non-automotive usage, Free warranty replacement period will be 18 months. Free replacement warranty is 12 months in deep-cycle use, and 3 months in full electric vehicle use. 78. Shipped with 22mm height adapter. A. Flush combination terminal w/ 3/8" stud and SAE post, hex nut included. G. Offset post w/ horizontal hole, stainless steel 5/16" bolt and hex nut (T881) U. Molded-in offset SAE post and vertical 5/16" NEG., 5/16" POS. stainless steel studs & hex nuts Y. Small L terminal with round holes.

## Experience the East Penn Advantage

East Penn's A<sup>3</sup>™ Advanced-Cubed precision-focused manufacturing approach ensures the process behind the technology delivers critical quality at each stage of battery production. INTIMIDATOR batteries are supported by A<sup>3</sup> manufacturing to optimize the life, power, and durability of the battery's design and performance.



QUALITY SYSTEM  
CERTIFIED  
**ISO 9001**  
**ISO/TS 16949**  
ENVIRONMENTAL  
SYSTEM CERTIFIED  
**ISO 14001**

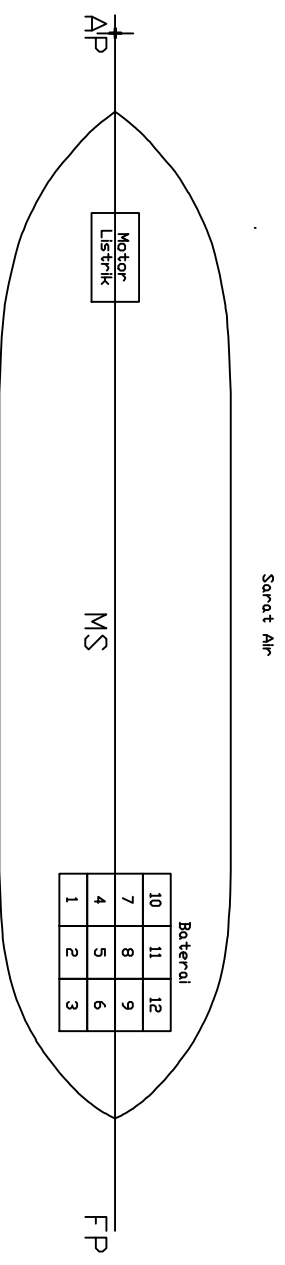
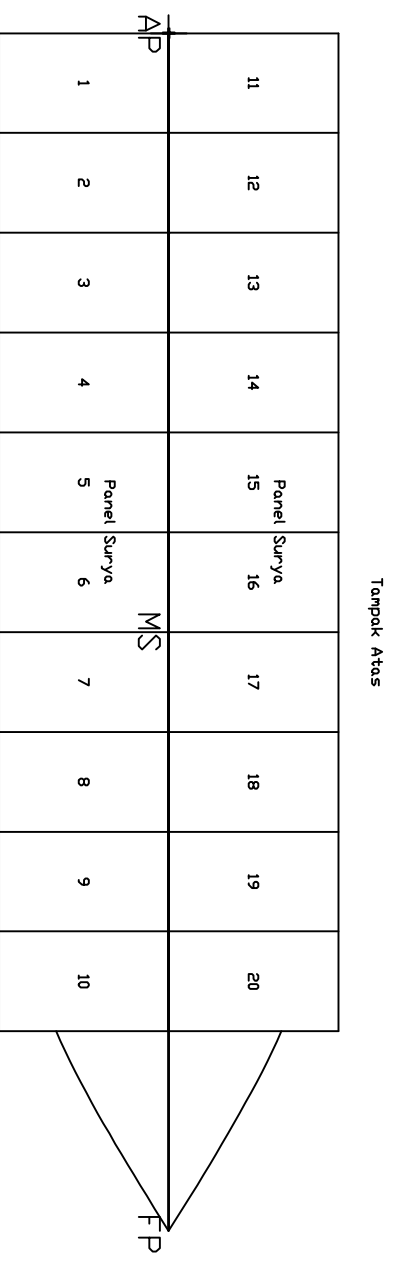
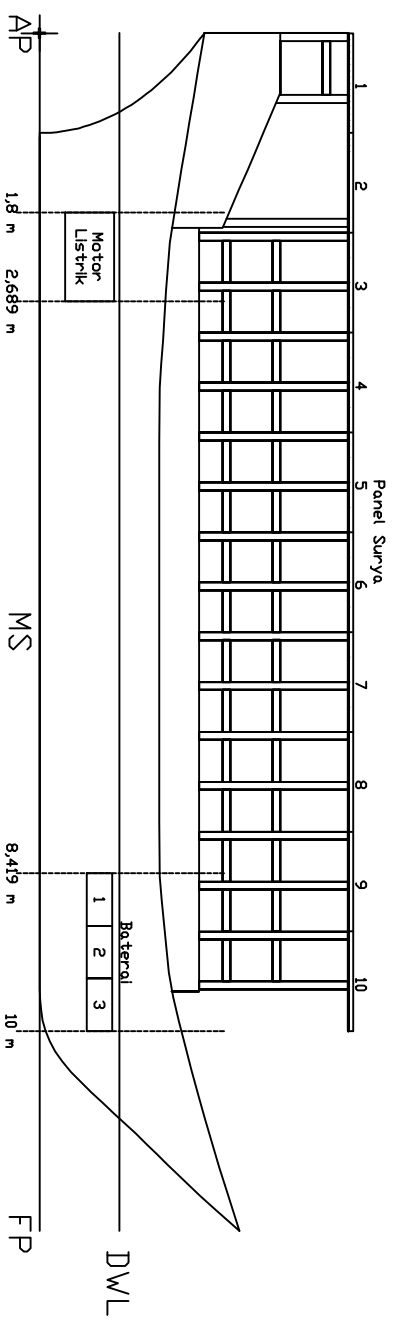
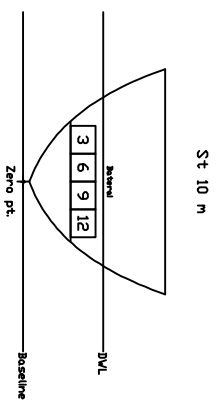
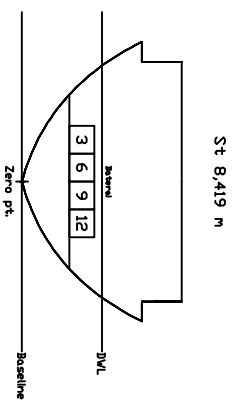
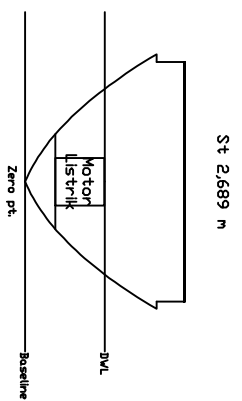
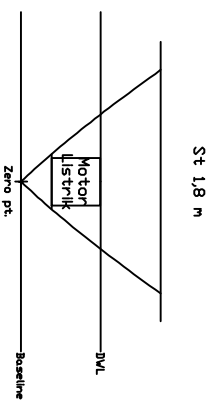


MEMBER OF  
**NMMA**  
National Marine  
Manufacturers Association

MEMBER OF  
**ABYC**  
American Boat  
& Yacht Club



East Penn Manufacturing Co. Lyon Station, PA 19536-0147 Phone: 610-682-6361 Fax: 610-682-4781 [www.eastpenn-deka.com](http://www.eastpenn-deka.com)



## DAFTAR PUSTAKA

- AIAA. (2000). *Validation Methodology in Computational Fluid Dynamics (invited)*. Albuquerque, New Mexico.
- Anderson. (1995). *Computational Fluid Dynamics*. University of Maryland.
- BBTKLPP Surabaya. (2013, Juli 3). *Kunjungan Kerja Dirjen PP dan-PL di Pulau Giliyang*. Diambil kembali dari <http://www.btklsby.go.id/>
- CFX. (2007). *CFX Manual XIII Chapter 9 : Free Surface Flow Over a Bump*.
- Elco Electric Propulsion. (2015). *Inboard Motor Specifications*. Diambil kembali dari <http://www.elcomotoryatchs.com>
- Electrical Review. (1997). *Vol 201, No.7*.
- Fox, R. W., & MacDonald, A. (1988). *Introduction to Fluid Mechanics, Fifth Edition*. New York: Jhon Wiley & Sons Inc.
- Jamaluddin, A. (2012). *Kajian Eksperimen dan Numerik Interferensi Hambatan Viskos dan Gelombang pada Lambung Kapal Katamaran*. Surabaya.
- Kementerian ESDM. (2013, April 15). *Dukung Kebijakan Energi Nasional dengan Pemetaan Potensi Energi Baru Terbarukan*. Diambil kembali dari <http://www.esdm.go.id/>
- Lintas Madura Online. (2013, Mei 1). *Pulau Gili Iyang, Jadi Maskot Wisata Kesehatan Dunia?* Diambil kembali dari <http://lintasmaduraonline.blogspot.com>
- Q Cells Engineered in Germany. (2015). *Hanwa Q Cells Products*. Retrieved from <http://www.q-cells.com>
- Solar Surya Indonesia. (2013). *Panel Surya*. Diambil kembali dari <http://www.solarsuryaindonesia.com>
- Sumenep Baru. (2014, Oktober). *BPWS Dorong Percepatan Pembangunan*. Diambil kembali dari <http://www.sumenepbaru.com>
- Utama, I., Murdijanto, & Setyawan, D. (2011). *Ship Resistance and Propulsion*. ITS, Surabaya.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Gresik, 29 Juli 1992. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan di MI Al-Falah Sembayat Manyar pada tahun 1998 hingga tahun 2004. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Bungah hingga lulus pada tahun 2007. Dan berlanjut pada MAN 1 Gresik selama setahun dan pada 2008-2010 dilanjutkan di SMAN 1 Manyar. Setelah lulus pada tahun 2010, penulis melanjutkan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Perkapalan - Fakultas Teknologi Kelautan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Di Jurusan Teknik Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi Hidrodinamika untuk menyelesaikan tugas akhirnya. Selama masa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademis dan non akademis. Dalam bidang non akademis penulis aktif sebagai Sek.Departemen KWU HIMATEKPAL 2011/2012 dan Ka.Div.Kaderisasi Departemen PSDM HIMATEKPAL 2012/2013, serta turut aktif dalam kepengurusan BEM ITS sebagai Staff Kementerian PSDM periode 2011/2012 dan Ka.Dirjen.Kaderisasi Kementerian PSDM periode 2013/2014.